

**ΥΦΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ, ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**Προσωρινές Οδηγίες Εκτίμησης
Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων για Εκπομπές 5G NR**

Περιεχόμενα:

1. Εισαγωγή	2
2. Μεθοδολογία Εκτίμησης για Σταθμούς Βάσης Κινητής Τηλεφωνίας 5G NR.....	2
2.1. Τεχνολογία MIMO.....	2
2.2 Υπολογισμός Έντασης ηλεκτρικού πεδίου 5G NR FDD.....	3
2.3 Υπολογισμός Έντασης ηλεκτρικού πεδίου 5G NR TDD.....	3
2.4. Πλευρικοί λοβοί και διπλανές ακτινοβολίες.....	3
Παράρτημα -1-	5
Παράρτημα -2-.....	6
Βιβλιογραφία	7

1. Εισαγωγή

Το Τμήμα Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών (THE) έκδωσε τις «Οδηγίες Εκτίμησης Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων», που αφορούν τις κατευθυντήριες γραμμές που καθορίζονται από τον Διευθυντή THE με Απόφαση του, η οποία δημοσιεύτηκε στην Επίσημη Εφημερίδα της Δημοκρατίας με αρ. 4320 ημερ. 14.11.2008, και περιλαμβάνει τη μεθοδολογία που οφείλουν να ακολουθούν οι εξουσιοδοτημένες επιχειρήσεις παροχής ασύρματων ηλεκτρονικών επικοινωνιών, για την εκπόνηση μελετών εκτίμησης της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Στο παρόν έγγραφο, το οποίο αποτελεί προέκταση του αρχικού εγγράφου «Οδηγίες Εκτίμησης Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων», έχουν συμπεριληφθεί οι κατευθυντήριες γραμμές εκτίμησης Ηλεκτρομαγνητικών Πεδίων που αφορούν την τεχνολογία 5G NR. Το παρόν έγγραφο αναμένεται να ανανεώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα αναλόγως των εξελίξεων της τεχνολογίας 5G.

Στο παρόν έγγραφο, οι έννοιες που περιγράφονται στο αρχικό έγγραφο, όπως Θεωρητική Ανάλυση, Συντελεστής Έκθεσης, Μεθοδολογία Αξιολόγησης Υφιστάμενης Κατάστασης, Μεθοδολογία Υπολογισμού των Η/Μ πεδίων του Νέου Σταθμού Ραδιοεπικοινωνίας και Αξιολόγηση Έκθεσης του Κοινού στα Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία, συνεχίζουν να ισχύουν ως έχουν.

2. Μεθοδολογία Εκτίμησης για Σταθμούς Βάσης Κινητής Τηλεφωνίας 5G NR

2.1 Τεχνολογία MIMO

Η τεχνολογία 5G NR χρησιμοποιεί κεραιοσυστήματα massive-MIMO τα οποία χρησιμοποιούν πολλαπλές κεραιές στο Ασύρματο Δίκτυο Πρόσβασης των κεραιών κινητής τηλεφωνίας. Οι κεραιές MIMO ως αποτέλεσμα, χρησιμοποιούν τη χωρική διάσταση (οριζόντιο και κάθετο επίπεδο), πέραν από αυτές του χρόνου (Time Division TDD) και της συχνότητας (Frequency Division FDD), χωρίς να αλλάζουν τις απαιτήσεις εύρους ζώνης του συστήματος, μέσω της τεχνολογίας “Beamforming”.

Το Beamforming, όπως υποδηλώνει το όνομα, χρησιμοποιείται για να κατευθύνει τα ραδιοκύματα σε έναν στόχο. Αυτό επιτυγχάνεται διαμορφώνοντας τα ραδιοκύματα ώστε να δείχνουν προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η τεχνική συνδυάζει την ισχύ από στοιχεία της συστοιχίας κεραιών με τέτοιο τρόπο ώστε τα σήματα σε συγκεκριμένες γωνίες να παρουσιάζουν εποικοδομητικό σήμα, ενώ άλλα σήματα που δείχνουν προς άλλες γωνίες παρουσιάζουν μη ωφέλιμο σήμα. Αυτό βελτιώνει την ποιότητα σήματος στη συγκεκριμένη κατεύθυνση, καθώς και τις ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων.

Συνεπάγεται ότι, μια ενεργή κεραία της τεχνολογίας 5G NR, με διαμόρφωση της ακτινοβολίας της τόσο σε οριζόντιο (azimuth) όσο και σε κάθετο επίπεδο (elevation – tilting) επιτρέπει σε κάθε μία από τις 64 ‘πηγές’ εκπομπής (transmit elements) να εστιάζονται πάνω σε ένα ή μια μικρή ομάδα χρηστών. Ως εκ τούτου ο κάθε χρήστης απολαμβάνει το δικό του ‘ιδιωτικό’ σταθμό βάσης και έτσι επιτυγχάνεται ψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων.

Αυτή η δυνατότητα όμως επιφέρει δυσκολία στον υπολογισμό της επιβάρυνσης της ακτινοβολίας, με τον κλασσικό τρόπο, καθώς δεν εκπέμπουν ταυτόχρονα ούτε εστιάζουν όλες οι πηγές στον ίδιο χώρο.

2.2 Υπολογισμός Έντασης ηλεκτρικού πεδίου 5G NR FDD

Σε περίπτωση που αναμένεται να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία FDD, όπως στη ζώνη 5G NR700, ο υπολογισμός έντασης ηλεκτρικού πεδίου θα αξιολογείται με την υφιστάμενη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για τις εκπομπές LTE.

2.3 Υπολογισμός Έντασης ηλεκτρικού πεδίου 5G NR TDD

Για να καταστεί δυνατή η αξιολόγηση της έκθεσης του κοινού στα συνολικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εξής φόρμουλα [1]:

$$Vm^{-1} = \frac{\sqrt{30 * eirp}}{d}$$

Όπου,

eirp: $P_w * 10^{G/10}$

Συνεπάγεται:

$$Vm^{-1} = \frac{\sqrt{30 * P_w * 10^{G/10}}}{d}$$

P_w = Power in Watts

G = Gain in dBi της κεραίας

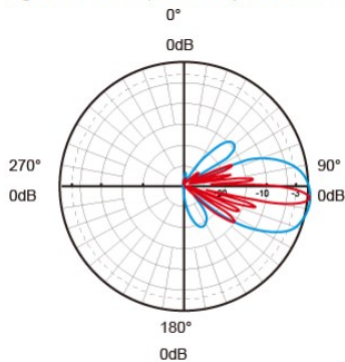
d = απόσταση από πηγή εκπομπής σήματος

2.4 Πλευρικοί λοβοί και διπλανές ακτινοβολίες

Σε περιπτώσεις όπου τα σημεία εκτίμησης είναι πλησίον του σταθμού, η κάλυψη από πλευρικούς λοβούς της κεραίας, ταυτόχρονα με την κάλυψη του κυρίως λοβού, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της εκτίμησης. Εάν η γωνία μέτρησης από την κεραία εκπομπής είναι μεγαλύτερη των 15 μοιρών, με βάση το διάγραμμα εκπομπής που δίνει ο κατασκευαστής σε μια τυπική κεραία [2] πιο κάτω, τότε το κέρδος κεραίας (G) μειώνεται περίπου κατά 15dB σε ότι αφορά τον υπολογισμό πλευρικού λοβού.

In the pattern, the area outlined with the blue line is the maximum beam coverage scope, and the area outlined with the red line is the minimum beam coverage scope.

Figure 3-1 Vertical pattern sample of AAU5639w (2600 MHz) beams



Περαιτέρω παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι, μεταξύ άλλων:

- α) παρατηρείται μείωση στην ισχύ ακτινοβολίας λόγω γεωγραφικής διασποράς χρηστών.
- β) ένας σταθμός βάσης κινητής τηλεφωνίας δεν μεταδίδει συνεχώς δεδομένα, άρα δεν εργάζεται στο 100% της χωρητικότητας του [3].
- γ) παρατηρείται μείωση ισχύς σε πάροδο χρόνου για ένα σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας γιατί εργάζεται με TDD (Time Division Duplex) [4].

Στα γραφήματα από το [3], βλέπε Παράρτημα -1- πιο κάτω, υπάρχουν 2 είδη διασποράς σε σχέση με την πυκνότητα χρηστών αναλόγως της γεωγραφικής τους διασποράς. Για τον υπολογισμό της συνεισφοράς ισχύος, για αυξανόμενη χρήση του σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας (utilization), φαίνεται να λαμβάνονται υπόψη ο κύριος λοβός ακτινοβολίας, οι διπλανές ακτινοβολίες (σε άλλους χρήστες) καθώς και οι πλευρικοί λοβοί (side lobes). Συνεπάγεται ότι η χειρότερη συνεισφορά είναι περίπου ~15%* της συνολικής ισχύος του σταθμού, σε λειτουργία χρήσης 80%-90%.

*Χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερη συνεισφορά από την προτεινόμενη για σκοπούς συντηρητικού υπολογισμού

Συνεπάγεται ότι στην υπολογιζόμενη ισχύ εκπομπής P_w πρέπει να υπάρχει συνεισφορά στο 15% από την ισχύ εκπομπής του κατασκευαστή.

Εν κατακλείδι το μοντέλο υπολογισμού είναι επαρκώς συντηρητικό ούτως ώστε οι εκτιμημένες τιμές να έχουν ένα αρκετό περιθώριο ασφαλείας. Στο Παράρτημα -2- μπορείτε να βρείτε ένα παράδειγμα υπολογισμού.

Παράρτημα -1-

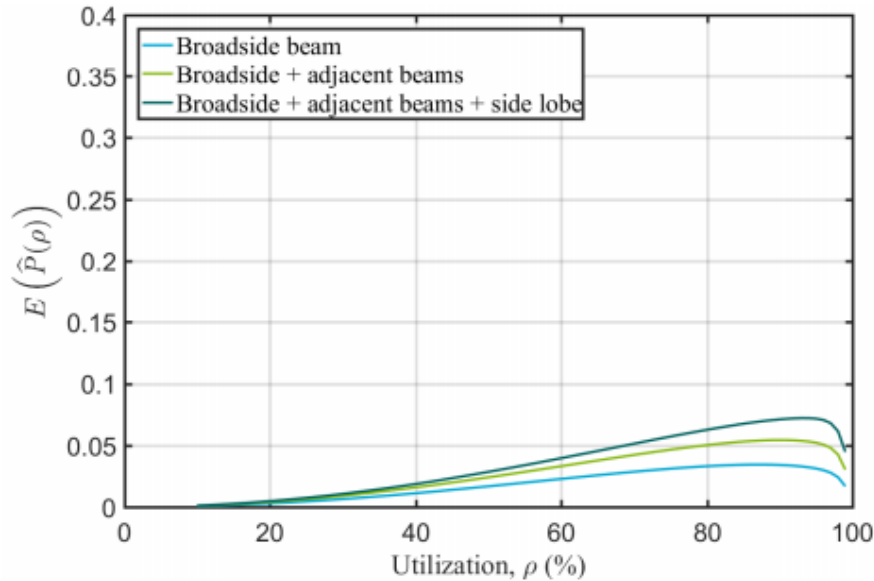


FIGURE 7. Expectation of the statistically conservative fraction of the total power contributing to the EMF exposure when the density of users is uniformly distributed in azimuth and elevation (Scenario 3).

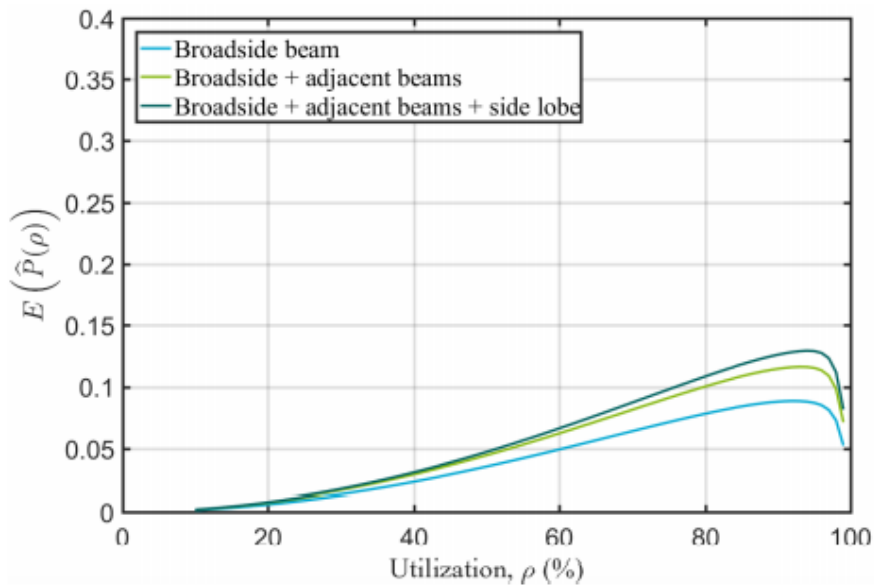


FIGURE 8. Expectation of the statistically conservative fraction of the total power contributing to the EMF exposure when the density of users is weighted by a cosine function in azimuth and a squared cosine distribution in elevation (Scenario 4).

Παράρτημα -2-

Σημείο εξυπηρετούμενο από κύριο λοβό, πλευρικούς και διπλανούς λοβούς εκπομπής στα 40μ

$$G=25\text{dBi [1]}$$

$$P_w= 240 \text{ W [1]}$$

Utilisation 90% με συνεισφορά 15% [3]

$$V_m^{-1} = \frac{\sqrt{30 * P_w * 10^{G/10}}}{d}$$

Συνεπάγεται:

$$V_m^{-1} = \sqrt{(30 * P_w * 10^{(G/10)})}/d = \sqrt{(30 * 36 * 10^{2.5})}/40 = 588.4/40 = 14.61 \text{ V/m}$$

Σημείο εξυπηρετούμενο από κύριο λοβό, πλευρικούς και διπλανούς λοβούς εκπομπής στα 15μ

$$V_m^{-1} = \sqrt{(30 * P_w * 10^{(G/10)})}/d = \sqrt{(30 * 36 * 10^{2.5})}/10 = 588.4/15 = 39.2 \text{ V/m}$$

Βιβλιογραφία

- [1] ITU-R Report SM.2452-0 (06/2019) Electromagnetic field measurements to assess human exposure
- [2] Huawei 5639w Datasheet
- [3] Time-Averaged Realistic Maximum Power Levels for the Assessment of Radio Frequency Exposure for 5G Radio Base Stations Using Massive MIMO, IEEEAccess, Vol 5, 2017
- [4] A Comparison Between Measured and Computed Assessments of the RF Exposure Compliance Boundary of an In-Situ Radio Base Station Massive MIMO Antenna, IEEEAccess, Vol 7, 2019.