



Μετρήσεις ΗΜ ακτινοβολίας σε περιβάλλον εσωτερικού χώρου με χρήστες κινητής τηλεφωνίας και WiFi

Ελισάβετ Κούτσι, Σωτήριος Δεληγιάννης, Δήμητρα Ζαρμπούτη, Ιωάννης Σαραντόπουλος, Γεωργία Αθανασιάδου, Γεώργιος Τσούλος

Εργαστήριο Ασυρμάτων και Κινητών Επικοινωνιών

(<http://wmclab.uop.gr>)

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Τρίπολη, 22100

Περίληψη

Η πρωτοφανής ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών με δισεκατομμύρια συσκευές σε πολλά ασύρματα συστήματα (συστήματα κινητής τηλεφωνίας, WiFi, DVB-T, ραδιόφωνο, κ.ά.), έχει αυξήσει τις ανησυχίες για την έκθεση του ανθρώπου στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Σε αυτό το πλαίσιο, η εργασία αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ένα τυπικό περιβάλλον γραφείου στο οποίο συνυπάρχουν τρία ασύρματα συστήματα, ένα σύστημα WiFi καθώς και τα δύο συστήματα κινητής τρίτης γενιάς (3G) και τέταρτη γενιάς (4G). Σημειώνεται ότι το ενδιαφέρον επικεντρώνεται σε σενάρια κατά τα οποία οι χρήστες μεγιστοποιούν τη δραστηριότητά τους αναφορικά με τη χρήση των ασύρματων συστημάτων.

© 2020 Βιβλιοθήκη και Κέντρο Πληροφόρησης Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Λέξεις – κλειδιά: μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, WiFi, 3G, 4G, περιβάλλον εσωτερικού χώρου, Narda SRM-3000

Doi:

Abstract

The unprecedented explosion of wireless communications with billions of devices across several wireless and cellular systems, has increased concerns about the human exposure to electromagnetic waves. In this context, this article focuses in office operational environments so as to investigate the cumulative impact of three wireless systems, WiFi, 3G and 4G cellular, on the E-field footprint.

© 2020 Library and Information Center, The University of Peloponnese

Keywords: electromagnetic radiation measurements, WiFi, 3G, 4G, indoor environments, Narda SRM-3000.

1. Εισαγωγή

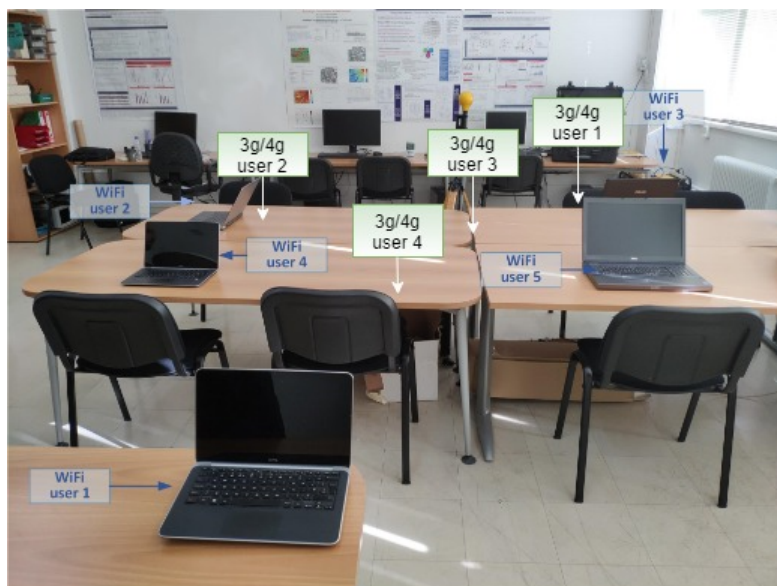
Αναμφίβολα, στη διάρκεια των τελευταίων τριάντα χρόνων οι άνθρωποι έχουν στραφεί σχεδόν αποκλειστικά στην ασύρματη επικοινωνία. Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών, αποτελεί όμως και λόγο ανησυχίας για την έκθεση του ανθρώπου στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί με στόχο την μέτρηση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας τόσο από κινητές συσκευές όσο και από τα ασύρματα δίκτυα στα οποία συνδέονται. Ενδεικτικά, στο [Thuróczy et al. (2006)] οι συγγραφείς υπολόγισαν τα επίπεδα έκθεσης από σταθμούς βάσης GSM χρησιμοποιώντας έναν αναλυτή φάσματος και μια κεραία ευρείας ζώνης. Οι [Calabrò and Magazù (2010)] χρησιμοποίησαν τη μετρητική διάταξη Narda SRM-3000 για να μελετήσουν το εκπεμπόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο από κινητά τηλέφωνα χρηστών κατά τη διάρκεια κλήσεων που αυτοί κάνουν χρησιμοποιώντας το δίκτυο 2^{ης} γενιάς GSM. Επιπλέον, στα άρθρα [Lunca et al. (2014)], [Ibrani et al. (2017)], [Jurčević and Malarić (2016)], [Gati et al. (2009)] και [Joshi et al. (2017)] μπορούν να αναζητηθούν αντίστοιχες μελέτες οι οποίες αφορούν στην επίδραση στα επίπεδα έκθεσης τόσο του GSM, όσο και των συστημάτων UMTS και WiFi.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εκτίμηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ένα τυπικό περιβάλλον γραφείων με 1 έως 5 χρήστες να εργάζονται στο χώρο. Τα σενάρια μέτρησης έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα ώστε να προσεγγίζονται οι δυσμενέστερες συνθήκες αναφορικά με τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, οι χρήστες μεγιστοποιούν τη δραστηριότητά τους ως προς τη χρήση των ασύρματων συστημάτων που υπάρχουν στο χώρο. Οι πηγές ακτινοβολίας που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη αυτή είναι ο WiFi router που βρίσκεται εγκατεστημένος εντός του χώρου των γραφείων, καθώς και οι συσκευές των χρηστών (κινητά τηλέφωνα) όταν χρησιμοποιούν τα δίκτυα κινητής 3G (UMTS) και 4G (LTE) τα οποία έχουν αναπτυχθεί για να καλύπτουν την ευρύτερη γεωγραφική περιοχή.

2. Τοποθεσία και Εξοπλισμός

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο χώρο του Εργαστηρίου Ασυρμάτων και Κινητών Επικοινωνιών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου στην Τρίπολη Αρκαδίας. Ο χώρος του εργαστηρίου είναι ορθογώνιος, εμβαδού περίπου 44 τ.μ., διαθέτει 8 γραφεία, ενώ η μια του πλευρά καταλαμβάνεται από παράθυρα (Εικόνα 1). Για τις μετρήσεις θεωρήθηκαν 1-4 χρήστες κινητών τηλεφώνων και 1-5 χρήστες φορητών υπολογιστών οι οποίοι συνδέονται με το WiFi router.



Εικόνα 1: Εσωτερικός χώρος όπου έλαβαν χώρα οι μετρήσεις

Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων έγινε χρήση του μετρητικού οργάνου Narda SRM-3000 (Εικόνα 2), 5 φορητών υπολογιστών, ενός WiFi δρομολογητή (router) και 4 κινητών τηλεφώνων. Η μετρητική διάταξη SRM-3000 προσφέρει τη δυνατότητα της επιλογής φασματικής ζώνης ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε πειράματος.



Εικόνα 2: Εξοπλισμός (Narda SRM-3000)

3. Σενάρια Μετρήσεων

Συνολικά έλαβαν χώρα 4 σενάρια μετρήσεων. Ακολουθεί συνοπτική περιγραφή του καθενός:

3.1. Σενάριο αναφοράς

Στο σενάριο αυτό ο WiFi router ήταν ανοιχτός, αλλά δεν υπήρχαν συνδεδεμένοι χρήστες ούτε από WiFi, ούτε από 3G, 4G. Η μετρητική διάταξη SRM-3000 πραγματοποίησε 16 μετρήσεις ευρείας ζώνης (75 KHz έως 3 GHz) με διάρκεια 6 λεπτά η καθεμία. Κάθε μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε διαφορετικό σημείο του δωματίου και πιο συγκεκριμένα, ο φασματικός αναλυτής SRM-3000 τοποθετήθηκε

σε 16 διαφορετικά και ισαπέχοντα σημεία υπό μορφή πλέγματος, ώστε να καλύπτεται όλη η επιφάνεια του χώρου. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η αβεβαιότητα λόγω χωρο-χρονικής τυχαιότητας.

3.2. WiFi σενάριο

Στο σενάριο αυτό, την ώρα που 0-5 χρήστες φορητών υπολογιστών κατέβαζαν ένα μεγάλο αρχείο από το Cloud¹, η μετρητική διάταξη SRM-3000 ήταν τοποθετημένη σε ένα συγκεκριμένο σημείο του χώρου. Οι χρήστες συνδέονταν σταδιακά στο WiFi router προκειμένου να λάβουν το αρχείο, με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθούν 6 συχνοτικές μετρήσεις στην μπάντα του WiFi. Στο σενάριο αυτό, η μόνη πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ήταν ο δρομολογητής του WiFi.

3.3. 3G/4G Σενάρια

Στο 3G σενάριο η μετρητική διάταξη SRM-3000 ήταν τοποθετημένη στο ίδιο σημείο με προηγουμένως. Οι 3G χρήστες αυξάνονται σταδιακά στο χώρο, ξεκινώντας από 0 χρήστες μέχρι και 4, ανέβασαν στο Cloud ένα μεγάλο αρχείο, χρησιμοποιώντας τα κινητά τους τηλέφωνα, τα οποία έκαναν χρήση μόνο 3G δικτύου. Το σενάριο ολοκληρώθηκε μετά από 5 μετρήσεις στην μπάντα του UMTS. Σε αυτό το σενάριο η πηγή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι τα ίδια κινητά τηλέφωνα των χρηστών.

Το 4G σενάριο είναι παρόμοιο με τη μόνη διαφορά ότι η μεταφορά του αρχείου από τα κινητά των χρηστών στο Cloud πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με το σύστημα 4^{ης} γενιάς LTE και της αντίστοιχης μπάντας του.

4. Επεξεργασία μετρήσεων

Οι μετρήσεις επεξεργάστηκαν με το πακέτο λογισμικού Matlab προκειμένου να υπολογιστεί η μέση τιμή του ηλεκτρικού πεδίου και του λάθους που αναγκαστικά υπεισέρχεται στις μετρήσεις.

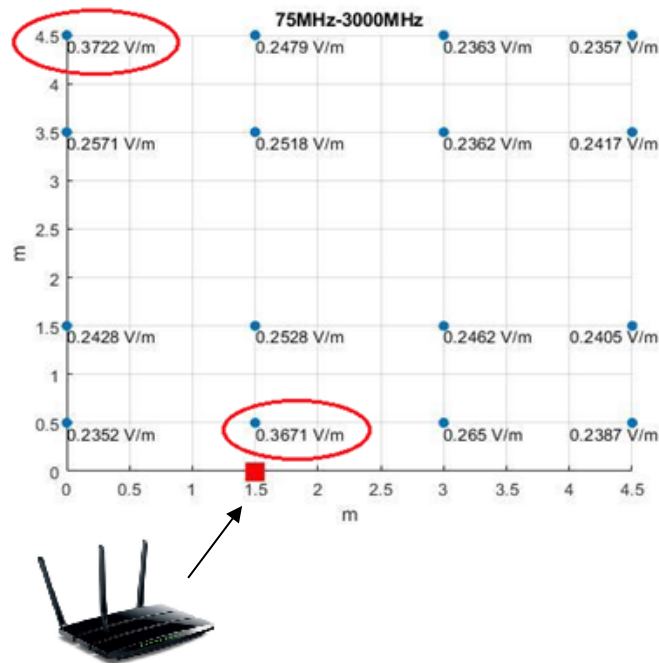
5. Αποτελέσματα

Για το *σενάριο αναφοράς* η μετρητική διάταξη SRM-3000 τοποθετήθηκε στα σημεία τα οποία φαίνονται με μπλε κουκκίδες στην Εικόνα 3, ενώ μοναδική πηγή ακτινοβολίας αποτελεί ο router WiFi που υπάρχει στο χώρο η θέση του οποίου επίσης επισημαίνεται στην Εικόνα 3. Στο σενάριο αυτό και εύρος συχνοτήτων λήψης μεταξύ 75 MHz και 3 GHz, οι μέγιστες τιμές του ηλεκτρικού πεδίου ήταν 0.3722 V/m και 0.3671 V/m στο σημείο ακριβώς δίπλα από το router του WiFi.

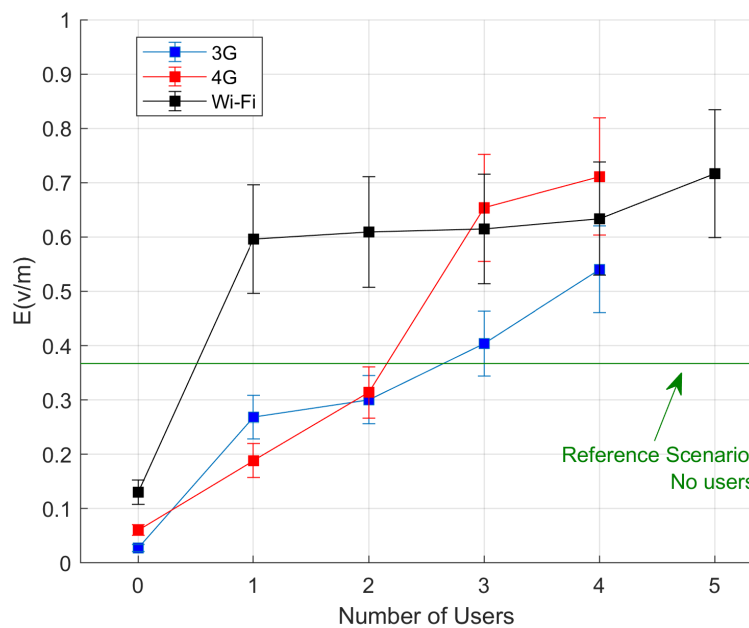
Το σύνολο των αποτελεσμάτων εμφανίζεται συγκεντρωτικά στην Εικόνα 4. Σημειώνεται ότι στην ίδια εικόνα, ταυτόχρονα με τη μέση τιμή της μέτρησης (τετράγωνη κουκκίδα) απεικονίζονται με κάθετες γραμμές τα διαστήματα λάθους για τη μέση τιμή (error bars) εξαιτίας κυρίως της αβεβαιότητας που εισάγουν στις μετρήσεις τα ίδια τα όργανα μέτρησης. Όσον αφορά στο *σενάριο του WiFi*, η τιμή του ηλεκτρικού πεδίου κυμαίνεται από 0.13 V/m για το σενάριο χωρίς χρήστες έως 0.72 V/m για το σενάριο με 5 ταυτόχρονα συνδεδεμένους χρήστες.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_storage

Αντίστοιχα, για τα σενάρια 3G και 4G υπάρχουν συνολικά μέχρι 4 χρήστες που ανεβάζουν στο Cloud ένα μεγάλο αρχείο. Για μέχρι δυο χρήστες το σενάριο του WiFi κυριαρχεί στις μετρήσεις του ηλεκτρικού πεδίου, ενώ απαιτούνται τουλάχιστον τρεις χρήστες 3G και 4G για να ξεπεράσουν το σενάριο αναφοράς.



Εικόνα 3: Κάτοψη του χώρου του εργαστηρίου όπου επισημαίνονται οι θέσεις των μετρήσεων στο σενάριο αναφοράς αλλά και τιμές που ελήφθησαν με τον μετρητικό εξοπλισμό (θέσεις SRM-3000).



Εικόνα 4: Τιμή ηλεκτρικού πεδίου σε σχέση τον αριθμό χρηστών για το σύνολο των μετρήσεων.

6. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η παρουσία ενός και μόνο ενεργού χρήστη WiFi στο χώρο αρκεί για να οδηγηθούν τα επίπεδα της μέτρησης πάνω από το σενάριο αναφοράς (σενάριο χωρίς καθόλου χρήστες), ενώ αντίθετα χρειάζονται τουλάχιστον 3 χρήστες 3G/4G για το ίδιο αποτέλεσμα.

Παράλληλα, εστιάζοντας μόνο στους χρήστες κινητής τηλεφωνίας παρατηρούμε ότι μετά τους 2 ταυτόχρονους χρήστες οι επίδραση των χρηστών 4G είναι σημαντικότερη.

Τέλος, σημειώνεται ότι όλες οι μετρήσεις οι οποίες έλαβαν χώρα βρίσκονται εντός των θεσμοθετημένων ορίων ακτινοβολίας με τη μέγιστη τιμή να είναι 66 φορές μικρότερη από την τιμή που προβλέπεται στην εθνική νομοθεσία [Απόφαση 2300 ΕΦΑ (493) (2008)].

Βιβλιογραφία

- G. Thuróczy, F. Molnár, J. Szabó, G. Jánossy, N. Nagy, G. Kubinyi, and J. Bakos, "Public exposure to RF from installed sources: Site measurements and personal exposimetry," in *2006 First European Conference on Antennas and Propagation*, 2006, pp. 1–4.
- E. Calabrò and S. Magazù, "Measure of electromagnetic field of mobile phone microwaves by means of NARDA SRM 3000," in *CPEM Digest (Conference on Precision Electromagnetic Measurements)*, 2010, pp. 747–748.
- E. Lunca, C. Damian, and A. Salceanu, "EMF exposure measurements on 4G/LTE mobile communication networks," in *2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*, 2014, no. Epe, pp. 545–548.
- M. Ibrani, E. Hamiti, L. Ahma, R. Halili, and B. Dragusha, "Comparative analysis of downlink signal levels emitted by GSM 900, GSM 1800, UMTS, and LTE base stations," in *2017 16th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop, Med-Hoc-Net 2017*, 2017, pp. 1–5.
- M. Jurčević and K. Malarić, "Assessment of Wi-Fi radiation on human health," in *2016 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, 2016, pp. 1–4.
- A. Gati, A. Hadjem, M. F. Wong, and J. Wiart, "Exposure induced by WCDMA mobiles phones in operating networks," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 8, no. 12, pp. 5723–5727, 2009.
- P. Joshi, D. Colombi, B. Thors, L. E. Larsson, and C. Törnevik, "Output Power Levels of 4G User Equipment and Implications on Realistic RF EMF Exposure Assessments," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 4545–4550, 2017.
- Απόφαση 2300 ΕΦΑ (493), «Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία», ΦΕΚ 346/Β/03.03.2008.