

# Έρευνα και ανάπτυξη στις τηλεπικοινωνίες από τον Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών (ΣΜΠ - ΤΥ)

Η διεξαγόμενη Έρευνα και Ανάπτυξη στις Τηλεπικοινωνίες, η οποία συνδέεται άμεσα με το εκπαιδευτικό έργο του Τομέα ΣΜΠ-ΤΥ του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, καλύπτει ένα ευρύ φάσμα αντικείμενων, τόσο με θεωρητικό όσο και με πειραματικό περιεχόμενο.

Τα αντικείμενα που θεραπεύει ο Τομέας συνοπτικά είναι:

1. Μελέτη και πρακτική αξιοποίηση γραμμών μεταφοράς, κυματοδηγών και οπτικών ινών, για τη βέλτιστη μετάδοση σημάτων.

2. Σχεδίαση και κατασκευή πομπών και δεκτών, σε όλο το φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων (<1GHz), μικροκυμάτων (1-300GHz) και οπτικών σημάτων (μήκη κύματος 1.3-1.6μm), καθώς

επίσης και διατάξεων επεξεργασίας με αναλογικές και ψηφιακές μεθόδους τηλεπικοινωνιακών σημάτων.

3. Θεωρητική μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή κεραιών, με έμφαση στην ανάπτυξη «έξυπνων ακτινοβολητών» και «βέλτιστων κεραιών», για εφαρμογές που αφορούν στις κινητές, δορυφορικές και επίγειες επικοινωνίες. Ανάπτυξη μεθόδων Υπολογιστικού Ηλεκτρομαγνητισμού.

4. Σχεδίαση και ανάπτυξη δομικών στοιχείων, που χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα, όπως ενισχυτές, διακόπτες, φίλτρα, διαρέτες ισχύος κ.λπ., με χρήση μεθόδων CAD (Computer Aided Design).

5. Μελέτη φαινομένων διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και εκτέλεση μετρήσεων για μοντελοποίηση

των διαύλων επικοινωνίας, π.χ. κινητών, δορυφορικών και επίγειων τηλεπικοινωνιών.

6. Αντιμετώπιση προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας μεταξύ ηλεκτρονικών συστημάτων που λειτουργούν με ισχυρή σύζευξη και λήψη μέτρων, για την ισχυροποίηση της ανθεκτικότητας αυτών των συστημάτων, σε εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις.

7. Μελέτη και μοντελοποίηση των φαινομένων επίδρασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στον άνθρωπο και λήψη μέτρων για προστασία του ευρύτερου πληθυσμού, από πιθανές αβητικές επιπτώσεις από συστήματα εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

8. Μελέτη, ανάπτυξη και κατα-

Επιμέλεια:  
Ν. Ουζούνογλου  
Καθηγητής ΕΜΠ  
Ν. Νικήτα  
Αναπλ. Καθ. Ε.Μ.Π.



Εργαστήριο φωνονικών επικοινωνιών.

σκευή συστημάτων τηλεματικής, για εφαρμογές που αφορούν στην παροχή υπηρεσιών βιοϊατρικής, τηλεκαίτευσης και τηλεϊατρικής.

9. Μελέτη υλικών, για βελτίωση των ιδιοτήτων ηλεκτρονικών στοιχείων, που χρησιμοποιούνται σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα.

10. Διαχείριση και βέλτιστη εκμετάλλευση του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Τα εργαστήρια του Τομέα Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών, που δραστηριοποιούνται άμεσα στα αντικείμενα τηλεπικοινωνιών είναι: *Μικροκυμάτων και Οπτικών Ινών, Ασυρμάτων Τηλεπικοινωνιών, Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών, και Φωτονικών Επικοινωνιών* (ανήκει στο Ερευνητικό Πανεπιστημιακό Ινστιτούτο Συστημάτων Επικοινωνιών και Υπολογιστών-ΕΠΙΣΕΥ, οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες του οποίου, εντάσσονται στον Τομέα ΣΜΠ-ΤΥ).

Τα παραπάνω εργαστήρια, διαθέτουν σύγχρονο εξοπλισμό, για την κάλυψη αναγκών της τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών. Η υποδομή αυτή συνίσταται σε μετρητικά όργανα και διατάξεις, σταθμούς σχεδίασης και κατασκευής πρωτότυπων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και υποσυστημάτων, κινητές μονάδες μετρήσεων και σε ένα ευρύ υπολογιστικό δίκτυο υπολογιστών, για εξυπηρέτηση των ερευνητικών και εκπαιδευτικών αναγκών.

Στις παρακάτω παραγράφους, παρουσιάζονται συνοπτικά οι επιμέρους δραστηριότητες των προαναφερθέντων εργαστηρίων στα αντικείμενα τηλεπικοινωνιών.

#### **Εργαστήριο Μικροκυμάτων και Οπτικών Ινών (EMOI).**

Εξειδικεύεται στη μελέτη, σχεδίαση και ανάπτυξη διατάξεων πομπών-δεκτών για τις μικροκυματικές, χιλοστομετρικές και οπτικές συχνότητες. Το EMOI, διαθέτει μια μακρόχρονη και ευρεία εμπειρία στην ανάλυση με ημιαριθμητικές και υπολογιστικές τεχνικές σύνθετων ηλεκτρομαγνητικών διατάξεων, όπως κυματοδηγών, κεραών και συντονιστικών διατάξεων. Τα τελευταία χρόνια, έχει αναπτυχθεί μια συστηματική προσπάθεια στη σχεδίαση και ανάπτυξη μικροκυματικών

διατάξεων, με χρήση προηγμένων τεχνολογιών όπως Μονολιθικών Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων (MMIC-Microwave Monolithic Integrated Circuits), Κυκλωμάτων Υβριδικής-Μικροτανιακής Τεχνολογίας (MIC) και κυματοδηγικών διατάξεων. Στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής, έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός πρωτότυπων συστημάτων, που αφορούν μικροκυματικούς πομπούς-δέκτες θεματικών τηλεπικοινωνιακών μονάδων, συστήματα στοιχειοκεραίων, κεραών ευρείας ζώνης, διατάξεις επεξεργασίας σημάτων και συστήματα ραντάρ και αισθητήρων. Το EMOI, έχει επίσης αναπτύξει συστηματική ερευνητική δραστηριότητα, στο αντικείμενο της Βιοϊατρικής Τεχνολογίας και ειδικά, στην αξιοποίηση της μικροκυματικής (μη ιοντίζουσας) ακτινοβολίας, για την ανάπτυξη θεραπευτικών και διαγνωστικών συστημάτων.

Το EMOI είναι πιστοποιημένο κατά ISO9001. Παράλληλα με την εκπαιδευτική, ερευνητική και αναπτυξιακή δραστηριότητά του, το EMOI προσφέρει υπηρεσίες στη βιομηχανία για τη μέτρηση και πιστοποίηση νέων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Έχει μελετηθεί με συστηματικό τρόπο η επίδραση των κινητών τηλεφώνων και θεματικών συσκευών στον άνθρωπο και ειδικά, η επαβλλόμενη μικροκυμα-

τική ακτινοβολία στο κεφάλι.

Επιπρόσθετα, στα αντικείμενα τηλεπικοινωνιών, το EMOI δραστηριοποιείται στις περιοχές Ηλεκτρομαγνητικής Τηλαίσθησης και ειδικά, στη σχεδίαση και ανάπτυξη νέου τύπου ραντάρ συνάφειας φάσης, όπως απεικονιστικά ραντάρ στόχων, ανίχνευσης ζώντων παγιδευμένων ατόμων σε συντρίμια μετά από σεισμούς, απεικόνισης του εσωτερικού αντικειμένων, καθώς και στην ανάπτυξη ραδιομετρικών τεχνικών, για την τηλεμέτρηση της θερμοκρασίας κοπινών ή απομακρυσμένων σωμάτων. Παράλληλα, οι δραστηριότητες στον τομέα αυτό, επικεντρώνονται στην ανάπτυξη ηλεκτρομαγνητικών κωδίκων, για τον υπολογισμό της ενεργού επιφάνειας ραντάρ στόχων και στην ανάπτυξη μεθόδων ραντάρ συνθετικού παραθύρου.

#### **Εργαστήριο Ασυρμάτων Τηλεπικοινωνιών.**

Στο Εργαστήριο Ασυρμάτων Τηλεπικοινωνιών, εκτελούνται μετρήσεις σε Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Ευρείας Ζώνης, με όργανα και κατάλληλες διατάξεις και εξάγονται συμπεράσματα πάνω στο πραγματικό περιβάλλον ασυρμάτων επικοινωνιών. Επίσης, εκτελούνται οι εργαστηριακές ασκήσεις των προπτυχιακών μαθημάτων «Κεραίες» και «Ασύρματες



*Εργαστήριο μικροκυμάτων και οπτικών ινών.*



*Εργαστήριο μικροκυμάτων και οπτικών ινών.*

Ζεύξεις και Διάδοση» του 7ου και 8ου εξαμήνου, αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, μετρώνται πειραματικά, το κέρδος μικροκυματικών κεραίων, ο συντελεστής ανάκλασης στο τέλος μιας γραμμής μεταφοράς, η αντίσταση εισόδου γνωστών κεραίων, καθώς και χαρακτηριστικά μεγέθη των μικροκυματικών πολυθύρων. Επίσης, μελετώνται οι επιδράσεις του εδάφους στην ομαλή λειτουργία των διατάξεων, στο μακρινό πεδίο ακτινοβολίας και τα φαινόμενα σκέδασης, όπως και τεχνικές προσαρμογής των γραμμών μεταφοράς και των οργάνων ή άλλων φορτίων.

Το Εργαστήριο Ασυρμάτων Τηλεπικοινωνιών, σε συνεργασία με το Εργαστήριο Μικροκυμάτων, κατασκευάζει ανηχοϊκό θάλαμο, με ανώτερη συχνότητα λειτουργίας 18 GHz, ο οποίος αναμένεται να ολοκληρωθεί στο τέλος του τρέχοντος έτους. Στο screen room του Εργαστηρίου και μελλοντικά στο νέο θάλαμο, στα πλαίσια διπλωματικών εργασιών και διδακτορικών ερευνών, λαμβάνονται ακριβείς πειραματικές μετρήσεις και ακολουθεί σύγκριση με θεωρητικά αποτελέσματα από γνωστές αναλυτικές μεθόδους. Σημαντικά εξαγόμενα συμπεράσματα, έχουν ήδη δημοσιευτεί σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά.

Οι αναπτυσσόμενες ερευνητικές δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Μελέτη χαρακτηριστικών διασποράς καναλιών ευρείας ζώνης και της επίδρασης σε συστήματα απλωμέ-

νου φάσματος απευθείας ακολουθίας σε περιβάλλον διαλείψεων. Μοντέλα στατιστικής περιγραφής της χρονικής εξάπλωσης χρονοκαθυστέρησης, σε περιβάλλον τόσο αργών όσο και γρήγορων διαλείψεων.

- Μελέτη των θαλάμων αντίχρησης (reverberation chambers), που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC). Αναπτύσσονται μέθοδοι δημιουργίας ομοιόμορφου πεδίου στους θαλάμους αυτούς, ταυτόχρονα με την στατιστική μελέτη των χαρακτηριστικών του πεδίου εντός των θαλάμων, που αποδεικνύουν τη χρησιμότητα των θαλάμων αντίχρησης.

- Έρευνα για τον ακριβή θεωρητικό προσδιορισμό των παραμέτρων που επιδρούν στις μετρήσεις ακτινοβολούμενων εκπομπών σε OATS και με τα φαινόμενα που σχετίζονται με τη συμπεριφορά των γραμμών μεταφοράς, όπως η διασταυρούμενη συνομιλία και η απόκρισή τους σε εξωτερικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

- Μοντέλα συμπεριφοράς κεραίων στις συχνότητες κινητής τηλεφωνίας, με ιδιαίτερη έμφαση στη λειτουργία τους, παρουσία ανθρώπου.

- Διερεύνηση των φαινομένων παρεμβολής σε συστήματα τεχνικών Εξάπλωσης Φάσματος (Spread Spectrum).

- Ανάπτυξη αριθμητικών και υβριδικών τεχνικών υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού, για την επίλυση

σύνθετων προβλημάτων σκέδασης και ακτινοβολίας. Εξετάζεται η δυνατότητα συνδυασμού της μεθόδου βοηθητικών πηγών με τεχνικές μιγαδικών ειδώλων, για την βελτίωση της επίδοσης της πρώτης. Επίσης, ερευνώνται οι δυνατότητες ενσωμάτωσης τροποποιημένων οριακών συνθηκών, όπως είναι οι οριακές συνθήκες εμπέδησης (Impedance Boundary Conditions), για την επίλυση προβλημάτων ακτινοβολίας κεραίων, παρουσία διηλεκτρικών σκεδαστών με ισχυρές απώλειες αγωγιμότητας.

- Μελέτη Ευφρών Συστημάτων Κεραίων σε Περιβάλλον Ασυρμάτων Επικοινωνιών Ευρείας Ζώνης. Μοντελοποίηση του διαύλου μεταξύ Σταθμού Βάσης και Κινητού Τερματικού, παρουσία σκεδαστή. Με αναλυτικές και αριθμητικές μεθόδους, υπολογίζονται ο Χρόνος Άφιξης και η Γωνία Άφιξης μεταξύ δύο σημάτων, του επιθυμητού και της παρεμβολής.

- Ανάλυση συστημάτων κωδικοποίησης σε δορυφορικούς διαύλους επικοινωνίας.

### **Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών.**

Το Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών, δραστηριοποιείται στην εκπαίδευση, την έρευνα και την παροχή υπηρεσιών.

Η ερευνητική δραστηριότητα του Εργαστηρίου, περιλαμβάνει τις εξής θεματικές περιοχές:

- Επίδραση Μη Ιονίζουσας Η/Μ Ακτινοβολίας από Εκπομπές Τηλ/κών Συστημάτων,

- Κινητές Τηλεπικοινωνίες,
- Ανάπτυξη Κυψελωτών Συστημάτων (DECT-GSM-DCS-UMTS),

- Δορυφορικά Συστήματα Κινητών Τηλεπικοινωνιών,

- Ανάπτυξη Διατάξεων και Τεχνικών Μετρήσεων,

- Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού Θέσης (GPS),

- Εφαρμογές Τηλεματικής για άτομα με ειδικές ανάγκες

- Ανάπτυξη Συστημάτων Διαχείρισης Η/Μ Φάσματος

- Θέματα Η/Μ Παρεμβολών και Θορύβου σε Τηλ/κά Συστήματα

Πιο συγκεκριμένα, στις δραστηριότητες των Εργαστηρίων Κινητών

ΠΥΡΦΟΡΟΣ 2001

Ραδιοεπικοινωνιών, εντάσσονται:

1. Μελέτη, Ανάπτυξη Συστημάτων Μετρήσεων (Software, Hardware) και μετρήσεις Ραδιοκάληψης για Συστήματα Κινητών Τηλ./νίων GSM 900-1800, DECT, Iridium).

2. Μελέτη, Ανάπτυξη Συστημάτων Μετρήσεων και Μετρήσεις H/M Φάσματος (Παρεμβολές, Θόρυβος).

3. Ανάπτυξη και κατασκευές ηλεκτρονικών πρωτοτύπων διατάξεων, για τον έλεγχο του περιβάλλοντος, από άτομα με ειδικές ανάγκες.

4. Ανάπτυξη Πακέτων Λογισμικού για Υπολογισμό και Προσομοίωση του Καναλιού των Κινητών Επικοινωνιών με χρήση Γεωγραφικών Βάσεων Δεδομένων (GIS).

5. Ανάπτυξη Συστημάτων και Εφαρμογές ελέγχου στόλου οχημάτων με χρήση δορυφωτικού συστήματος GPS.

6. Μελέτη επιπτώσεων μη ιονίζουσας H/M ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό.

7. Μελέτες και Μετρήσεις EMC/EMI.

8. Μελέτες και Εφαρμογές Δορυφωτικών Συστημάτων VSAT.

Το Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών, δίδει ιδιαίτερη έμφαση και επιδιώκει τη συνεργασία του, τόσο με Δημόσιες, όσο και με Ιδιωτικές επιχειρήσεις, στα πλαίσια προγραμμάτων, που εντάσσονται στις περιοχές της ερευνητικής του δραστηριότητας. Είναι στενά συνδεδεμένο με την Ελληνική Βιομηχανία, τον Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος (OTE A.E), την Ελληνική Πολιτική Αεροπορία (ΥΠΑ), τη Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ), την Panafon (GSM-900), την Telestet (GSM-900), COSMOTEL A.E (GSM-1800), τη Nokia, το Υπουργείο Χωροταξίας Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩ-ΔΕ), την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY), το Αστεροσκοπείο Αθηνών, το Υπουργείο Μεταφορών,

την Ελληνική Αεροπορική Βιομηχανία (EAB), καθώς και τις εταιρείες: GENEPE, ANCO, SSA, MICRELEC, MARAK. Έχει επίσης συνεργασία, με τα Τμήματα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών των πανεπιστημίων BRISTOL, και SURREY.

#### Εργαστήριο Φωτονικών Επικοινωνιών (Ε.Φ.Ε.)

Η τεχνολογική ωρίμανση, καθώς και η ευρεία αποδοχή της φωτονικής τεχνολογίας από τις εταιρείες τηλεπικοινωνιών, έχει οδηγήσει στην ανάγκη για ανάπτυξη νέων αρχών και τεχνολογιών, που απαιτούνται στο φυσικό στρώμα των εργασιών δικτύων. Ο σκοπός του εργαστηρίου είναι διπλός. Να συμβάλει στην προώθηση της έρευνας και της ανάπτυξης νέων, «state of the art», οπτικών συστημάτων για φωτονικά δίκτυα, υπερ-υψηλών ταχυτήτων και επιπλέον, να εκπαιδεύσει και να προσελκύσει τους νέους φοιτητές του Ε.Μ.Π., στο αναπτυσσόμενο αυτό γνωστικό αντικείμενο, με την παροχή πολύτιμων γνώσεων. Το Εργαστήριο έχει αποκτήσει σημαντική εμπειρία στην πειραματική δοκιμή και ενσωμάτωση υποσυστημάτων και συστημάτων φωτονικών δικτύων, καθώς και στον θεωρητικό σχεδιασμό και εξομοίωση αυτών. Οι δραστηριότητες του εργαστηρίου περιλαμβάνουν:

● Διατάξεις και Υποσυστήματα Επεξεργασίας Οπτικού Σήματος Υψηλής Ταχύτητας. Το εργαστήριο έχει επιδείξει έναν αριθμό υποσυστημάτων για χρήση σε συστήματα υψηλής μετάδοσης, δρομολόγησης (routing) και επεξεργασίας σήματος. Αυτά περιλαμβάνουν: Υψηλής ταχύτητας και υψηλού λόγου σβέσης (extinction ratio) οπτικούς add-drop πολυπλέκτες, οπτικούς αναγεννητές (regenerators), οπτικές μνήμες (buffers) και μεταγωγούς επαναληπτικού ρυθμού (repetition rate exchangers), που κάνουν τους κόμβους του δικτύου διαφανείς, σε διαφορετικούς ρυθμούς (rates) δεδομέ-

νων. Όλα αυτά τα υποσυστήματα, έχουν επιδειχθεί χρησιμοποιώντας αμγώς οπτικές λογικές διαδικασίες πύλες, όπως είναι το συμβολόμετρο Sagnac (nonlinear Sagnac binary logic gate) και το συμβολόμετρο UNI (Ultrafast Nonlinear Interferometer). Η λειτουργία «αποκλειστικού Η» και γραμμικού οπτικού καταχωρητή ταχύτητας 40 Gb/s, έχει επιδειχθεί για πρώτη φορά παγκοσμίως από το Ε.Φ.Ε.

● Ανάπτυξη Οπτικών Πηγών και Ενισχυτών για Εφαρμογές TDM/WDM. Περιλαμβάνουν μία μεγάλη ποικιλία πηγών Laser στενού παλμού και υψηλής επανάληψης σε εφαρμογές μετάδοσης και οπτικής μεταγωγής (switching). Συγκεκριμένα, αναπτύσσονται ταλαντωτές με τεχνικές ενεργής και παθητικής εγκλειδωσης ρυθμών (mode-locked), ταλαντωτών ενισχυτή ινας ερβίου (erbium doped fiber) και οπτικού ενισχυτή ημιαγωγού (semiconductor optical amplifier). Τελευταία στο Ε.Φ.Ε. έχει κατασκευαστεί πρωτότυπη πηγή Laser παλμών με συχνότητα επανάληψης 40 GHz, πολυκυματική πηγή Laser 32 καναλιών και κύκλωμα ανάκτησης αμγώς οπτικού ρολογιού (PLL) συχνότητας 30 Gb/s. Έπισης, έχουν αναπτυχθεί προηγμένα αριθμητικά εργαλεία μοντελοποίησης ενισχυτών ινας ερβίου (erbium-doped fiber).

● Εξομοίωση και Μοντελοποίηση Αμγώς Οπτικών Δικτύων: Εξομοίωση φυσικού στρώματος για αμγώς (end-to-end) οπτικές συνδέσεις, που βασίζονται σε λογισμικά εργαλεία εξομοίωσης. Για το σκοπό αυτό, διερευνώνται γραμμικά και μη γραμμικά φαινόμενα σε οπτικά δίκτυα, αρχιτεκτονικές οπτικών συστημάτων μεταγωγής (cross-connects) και σχεδίασης οπτικών δακτυλίων WDM. Άλλα ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν αρχιτεκτονικές PONs, δίκτυα πρόσβασης για WDM (access networks), MAC πρωτόκολλα για διευθέτηση TDMA.