

# Ανάπτυξη νέας γενιάς τηλεπικοινωνιακών συστημάτων με χρήση laser

Η ταχύτητα της επικοινωνίας μεταξύ δορυφόρων, στο επίκεντρο



Στο πλαίσιο εκδήλωσης που πραγματοποιήθηκε στην Πρυτανεία του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ο Dr. Morio Toyoshima, διευθυντής του Space Communication Laboratory με έδρα την Ιαπωνία, παρέθεσε διάλεξη με τίτλο: «New Frontiers and Practical Realization of Space Laser Communications».

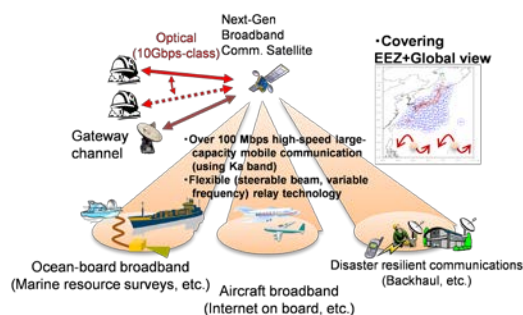
Ο Dr. Morio Toyoshima είναι διευθυντής του Space Communication Laboratory, που εδράζεται στο Wireless Networks Research Center του National Institute of Information and Communications Technology (SCL-NICT) της Ιαπωνίας. Είναι μέλος του NICT από το 1994, και έχει συμμετάσχει σε διάφορα διαστημικά ερευνητικά προγράμματα και αποστολές με την JAXA, την Ιαπωνική Υπηρεσία Διαστήματος, τη NASA, και άλλες διαστημικές υπηρεσίες.

Ο Dr. Morio Toyoshima ανέδειξε αρχικά στην ομιλία του

το πρόβλημα που υπάρχει στην ταχύτητα της επικοινωνίας μεταξύ δορυφόρων αλλά και με τις βάσεις στη Γη. Η πληροφορία που πρέπει να μεταφερθεί πλέον αυξάνεται τόσο, που η γνωστή τεχνολογία μετάδοσης με ραδιοσυχνότητες δεν επαρκεί. Για παράδειγμα, η παρατήρηση της Γης αλλά και η εξερεύνηση της Σελήνης και του Άρη, απαιτούν ταχύτητες μεταφοράς που είναι μερικές δεκάδες gigabits το δευτερόλεπτο. Τέτοιες ταχύτητες είναι δυνατές μόνο με την χρήση οπτικών τηλεπικοινωνιών.

Η μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης όμως δεν είναι το μόνο πλεονέκτημα. Είναι και τα μικρά μεγέθη του πομπού και του δέκτη, που πλέον αντικαθίστανται με τηλεσκόπια, η μικρή κατανάλωση ενέργειας, η μεγάλη απόδοση, αλλά και κυρίως ότι δεν υπάρχουν δεσμευτικοί κανονισμοί για τη χρήση συχνοτήτων και εύρους ζώνης αυτών.

Η χρήση των λέιζερ στις τηλεπικοινωνίες πλέον αυξάνεται, και ήδη σχεδιάζονται πολλά συστήματα που θα βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία. Τα προτερήματα των οπτικών επικοινωνιών με λέιζερ κάνουν επίσης δυνατή τη χρήση σε μικροδορυφόρους, τεχνολογία που διαδίδεται ραγδαία. Ο οργανισμός στον οποίο εργάζεται ο Dr. Morio Toyoshima έχει θέσει στόχο ν' αναπτύξει την επόμενη γενιά οπτικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων που θα έχει την δυνατότητα να μεταφέρει 100 Mbps δεδομένων για τον κάθε χρήστη ξεχωριστά με την χρήση της ζώνης Ka. Επίσης, το NICT έχει αναπτύξει το πρόγραμμα HICALI (High-speed Communication with Advanced Laser Instrument) με το οποίο θέλει να επιτύχει μεταφορά δεδομένων της τάξης των 10 Gbps με οπτικούς τροφοδότες, με στόχο να τεθεί σε γεωστατική τροχιά γύρω από την Γη. Ο δορυφόρος που θα φέρει το σύστημα αυτό είναι ο ETS-IX (Engineering Test Satellite IX) που θα τεθεί σε τροχιά το 2021. Αυτό αποτελεί τον Βασικό Προγραμματισμό της Διαστημικής Πολιτικής της Ιαπωνίας.



Τον ο Dr. Morio Toyoshima συνάντησε και είχε την πρωτοβουλία να προσκαλέσει ο προπτυχιακός φοιτητής Έκτορας-Ανδρέας Σταυρακάκης. Η συνάντηση έγινε στο πλαίσιο ενός Διεθνούς Εργαστηρίου (Workshop) για την κατασκευή μικροδορυφόρων, που έλαβε χώρα τον Αύγουστο του 2018 στο Τάρτου της Εσθονίας. Ο Έκτορας-Ανδρέας Σταυρακάκης σπουδάζει στο ΕΜΠ, στη Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, και ανήκει στην ομάδα του Αναπληρωτή Καθηγητή Ηλία Χατζηθεοδωρίδη, Διευθυντή του Εργαστηρίου Ορυκτολογίας, Πετρολογίας, και Κοιτασματολογίας. Η ομάδα αυτή έχει παράδοση 30 χρόνων και πλέον, στη μελέτη μετεωριτών από τον πλανήτη Άρη. Είναι η μοναδική στην Ελλάδα που ασχολείται με την αναζήτηση οργανικών μορίων και ιχνών ζωής (βιούπογραφών) σε μετεωρίτες και άλλα ουράνια σώματα, αλλά και σε ακραία περιβάλλοντα στη Γη. Η έρευνα αυτή είχε σαν αποτέλεσμα την ανακάλυψη των πρώτων ορυκτών φάσεων σε μετεωρίτη από τον κόκκινο πλανήτη -πριν περίπου από 30 χρόνια- που σήμαναν την ύπαρξη νερού, ενώ πιο πρόσφατα την

ανακάλυψη περιβαλλόντων συμβατών με τη ζωή, ακόμη και για την πρόσφατη ιστορία του πλανήτη.



Ο κ. Έκτορας-Ανδρέας Σταυρακάκης μαζί με τον Dr. Morio Toyoshima.

Επίσης, η ομάδα αναπτύσσει αναλυτικά όργανα, λογισμικό, και μεθοδολογίες έρευνας για τον σκοπό αυτό, βασισμένο στην εκτεταμένη πρακτική εμπειρία του κ. Χατζηθεοδωρίδη σε «μικρο» και «νανο» τεχνολογίες, και στην εκπαίδευση των φοιτητών σε αυτές. Ο συνδυασμός της γνώσης των φυσικών επιστημών με την τεχνολογική κατάρτιση, έδωσαν στην ομάδα τη δυνατότητα να εισέλθει με αξιώσεις στον τομέα της Διαστημικής έρευνας, γεγονός που αξιοποιεί με πολύπλευρο τρόπο.

Για παράδειγμα, ο κ. Σταυρακάκης ασχολείται ήδη ερευνητικά με μεθοδολογίες εκμετάλλευσης νερού σε περιβάλλοντα όπου οι συνθήκες είναι ακραίες, π.χ. νερό δεσμευμένο σε παγωμένα εδάφη, με στόχο να εφαρμόσει αυτές τις τεχνολογίες στον πλανήτη Άρη. Η δουλειά του αυτή έχει ανακοινωθεί σε διάφορα διεθνή συνέδρια, ενώ είναι και μέλος στο Διοικητικό Συμβούλιο του AbGradE (Astrobiology Graduates in Europe), ένα σύλλογο νέων επιστημόνων, οι οποίοι διοργανώνουν δράσεις και συνέδρια σχετικά με την έρευνα του Διαστήματος, τα οποία έχουν παγκόσμια απήχηση.

Στόχος του κ. Χατζηθεοδωρίδη και της ομάδας του, είναι η καινοτομία στην έρευνα του διαστήματος, και η απασχόληση νέων επιστημόνων με αυτή. Για πρώτη φορά εισήγαγε τη νέα επιστήμη της Αστροβιολογίας στην Ελλάδα, και είναι επίσης το πρώτο εργαστήριο στην Ελλάδα που, σε συνεργασία με επιστήμονες από το εξωτερικό, έκανε πειράματα αστροβιολογίας στο διάστημα, στέλνοντας μικροοργανισμούς στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS).

Τα αντικείμενα της Πλανητολογίας και Αστροβιολογίας υποστηρίζονται από την ομάδα μέσα από εξαιρετικές διεθνείς συνεργασίες. Τώρα, εισάγουν το καινοτόμο πεδίο της Αρχιτεκτονικής Διαστήματος, που συνδυάζει επιστήμη και τεχνολογία, με στόχο την αναζήτηση κατάλληλων σημείων για τη δημιουργία λειτουργικών διαστημικών βάσεων.

Ο κ. Χατζηθεοδωρίδης και η ομάδα του με βάση το Ευρω-



Η ερευνητική ομάδα του αναπληρωτή καθηγητή Δρ. Ηλία Χατζηθεοδωρίδη μαζί με τον Dr. Morio Toyoshima. Τα μέλη της ομάδας είναι ο φοιτητής Έκτορας-Ανδρέας Σταυρακάκης και οι υποψήφιοι διδάκτορες Λευτέρης Προφήτης και Νικόλας Τσάκωνας.

παϊκό Δίκτυο Αστροβιολόγων (EANA) του οποίου είναι και εντεταλμένο μέλος αντιπροσωπεύοντας την Ελλάδα, καθώς και μέσω της Ευρωπαϊκής Δράσης COST με τίτλο ORIGINS, έχει συμμετάσχει στις δράσεις σχεδιασμού του νέου Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Αστροβιολογίας που η ίδρυση του θα ανακοινωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Εντός Ελλάδας, προωθεί εδώ και αρκετά χρόνια την επισημότητα της Αστροβιολογίας μέσω της ιστοσελίδας [www.astrobiology.gr](http://www.astrobiology.gr), μέσα από τα κοινωνικά δίκτυα, αλλά και με πλήθος ομιλιών και δράσεων.

Στις δράσεις αυτές περιλαμβάνεται και η πρόσκληση ξένων διακεκριμένων επιστημόνων, όπως αυτή του Dr. Morio Toyoshima. Το 2016 οργάνωσε το συνέδριο Αστροβιολογίας EANA16, ενώ το Νοέμβριο διοργάνωσε στο Ίδρυμα Ευγενίδου (Πλανητάριο) το συνέδριο NOR-HGT & LUCA που διερευνά την απαρχή της ζωής, τότε δηλαδή που χημικά μόρια συνέθεσαν την πρώτη μορφή ζωής, όπως ορίζουμε αυτήν σήμερα.

**Ποιες είναι οι τρέχουσες ανάγκες για επικοινωνίες στον κόσμο την παρούσα φάση και πως αυτές θα εξελιχθούν στην επόμενη δεκαετία; Εν συντομία ποια θα είναι η διαφορά από πρακτική άποψη;**

Η τηλεπικοινωνιακή κίνηση για ασύρματες κινητές επικοινωνίες, όπως τα smartphones, είναι προς το παρόν πάνω από 1.400 Gbps / μήνα για το 2016 στην Ιαπωνία, με την αναλογία των data να αυξάνεται μηνιαία πάνω από 50% σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις της Cisco, η ετήσια κίνηση παγκοσμίως θα αυξάνεται με μέσο ρυθμό ανάπτυξης στο 22% για κάθε χρόνο μεταξύ 2015-2020. Ειδικά για τα data των κινητών, η ασύρματη κίνηση επικοινωνιών των κινητών θα αυξάνεται με μέσο ρυθμό αύξησης 53%. Η χωρητικότητα σε 10-20 χρόνια θα είναι χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από

τη σημερινή, και δε μπορεί να καλυφθεί από την υφιστάμενη τεχνολογία επικοινωνιών.

**Τι πιστεύετε για την τεχνολογία των διαστημικών επικοινωνιών και τι αλλαγές πρέπει να γίνουν;**

Η κίνηση των επίγειων ασύρματων επικοινωνιών θα κορεστεί και πρέπει να αποσυμφορηθεί χρησιμοποιώντας κάθε ικανό μέσο. Ένας τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία των διαστημικών επικοινωνιών. Έχουν γίνει πολλά προγράμματα Μεγα-Αστερισμών, απ' όλα τα μέρη του κόσμου, και η υψηλή διαμεταγωγή των δορυφόρων (HTS) μπορεί να λύσει το θέμα των μελλοντικών αναγκών για επικοινωνία.

**Γιατί να γίνει η τεχνολογία των laser επικοινωνιών το νέο όριο για τις επικοινωνίες στο διάστημα;**

Οι laser επικοινωνίες, μας επιτρέπουν να χρησιμοποιούμε τις απόλυτες ευρυζωνικές επικοινωνίες, επειδή η συχνότητα του εύρους ζώνης στις RF επικοινωνίες έχει αρκετά GHz-bands, αλλά αυτή στις laser επικοινωνίες έχει αρκετά THz-bands.

Επιπλέον, οι κανονισμοί / ρυθμίσεις στις Ραδιο-Επικοινωνίες τείνουν να κάνουν δύσκολη τη χορήγηση / διάθεση των RF συχνοτήτων. Αντίθετα, δεν υπάρχουν κανονισμοί / ρυθμίσεις στις laser επικοινωνίες, γεγονός που από πλευράς χρήστη, σημαίνει ότι είναι εύκολο να αξιοποιηθούν. Οι βασικές τεχνολογίες για τις διαστημικές laser επικοινωνίες, είναι ήδη διαθέσιμες, επομένως η εμπορευματοποίηση των διαστημικών laser επικοινωνιών, θα δημιουργήσει ένα νέο όριο για τις επίγειες και διαστημικές επικοινωνίες.

**Μιλήστε μας σχετικά με τα ερευνητικά σας προγράμματα. Ξεχωρίζει κάποιο από αυτά κατά τη γνώμη σας;**

Το National Institute of Information and Communications Technology (NICT) στην Ιαπωνία, αναπτύσσει ένα σύστημα δορυφορικής επικοινωνίας επόμενης γενιάς μεγάλης χωρητικότητας, μαζί με το τεστ του Δορυφόρου IX (ETS-IX - Engineering Test Satellite IX) για γεωστατική τροχιά Γης, που θα εκτοξευθεί το 2021.

Για να επιλυθούν θέματα όπως οι αυξημένες ανάγκες επικοινωνιών και οι περιορισμένοι πόροι των συχνοτήτων, ο στόχος μας είναι να υλοποιήσουμε μεγάλης χωρητικότητας και υψηλής ταχύτητας κινητές επικοινωνίες (100 Mbps ανά χρήστη), χρησιμοποιώντας την Ka-band, όπως οι RF επικοινωνίες, και να εφαρμόσουμε ευέλικτες τεχνολογίες μεταφοράς (μεταβλητές συχνότητες και κατευθυνόμενες ακτίνες), που μπορούν να διαχειριστούν τις διακυμάνσεις (αυξομειώσεις) της κίνησης και να υλοποιήσουμε τεχνολογία οπτικής σύνδεσης (optical feeder-link technology) κατηγορίας 10 Gbps, που ονομάζεται HICALI (High-speed Communication with Advanced Laser Instrument).



**Αναφορικά με τις μελέτες που υλοποιείτε, έχετε συνεργασία με οργανισμούς και εταιρείες εκτός Ιαπωνίας; Τι ιδιαίτερο υπάρχει;**

Το NICT έχει πραγματοποιήσει αρκετά διεθνή συλλογικά πειράματα χρησιμοποιώντας τους προηγούμενους δορυφόρους με συνεργάτες NASA, ESA, DLR, CNES, and CSA. Στο HICALI project, το NICT έχει συνεργασία με Πανεπιστήμια της Αυστραλίας, προκειμένου να ιδρυθεί / καθορισθεί το διεθνές παγκόσμιο δίκτυο laser επικοινωνιών πάνω από την Ασία, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία διαφοροποίησης-τοποθεσίας (site-diversity) από τον GEO δορυφόρο. Η τεχνολογία διαφοροποίησης-τοποθεσίας (site-diversity) είναι απαραίτητη, γιατί η laser επικοινωνία δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με καιρικές συνθήκες συννεφιάς και βροχής, επομένως, πρέπει να χρησιμοποιούνται πολλαπλοί οπτικοί σταθμοί εδάφους σε όλο τον κόσμο.

**Τι πιστεύετε για την Ελλάδα; Είναι οι εγκαταστάσεις και οι επιστήμονες ικανοί για διαστημικά projects, και αν ναι, γνωρίζετε ομάδες ή επιστήμονες που δραστηριοποιούνται στο διαστημικό τομέα στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό;**

Όπως ανέφερα οι ανάγκες για την τεχνολογία διαφοροποίησης-τοποθεσίας (site-diversity), το διεθνές παγκόσμιο δίκτυο laser επικοινωνιών, μπορεί να αναπτυχθεί πάνω από την Ελλάδα.

Η διαθεσιμότητα μεταξύ Διαστήματος και Γης θα αυξηθεί μέσω των οπτικών σταθμών εδάφους του δικτύου στην Ελλάδα. Υπάρχει πιθανότητα εγκατάστασης οπτικών σταθμών εδάφους του δικτύου στην Ελλάδα; Αν ναι, η διαστημική ανάπτυξη στην Ελλάδα μπορεί να συνεργαστεί με τα διεθνή projects.

Όσον αφορά τις ερευνητικές ομάδες στην Ελλάδα, γνωρίζω τον Αναπληρωτή Καθηγητή Η. Χατζηθεωδορίδη και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Α.Δ. Παναγόπουλο. Η ομάδα του Καθηγητή Η. Χατζηθεωδορίδη, από το Εργαστήριο ορυκτολογίας, πετρολογίας και κοιτασματολογίας του Ε.Μ.Π., διενεργεί έρευνες στην διαστημική τεχνολογία όπως (Αστροβιολογία, εξαγωγή ύδατος στον Άρη, Αρχιτεκτονική Διαστήματος και ανάλυση εικόνας για αυτόματες ταυτοποιήσεις γεωλογικών δεδομένων).

Η ομάδα του Καθηγητή Α.Δ. Παναγόπουλου, από την ερευνητική ομάδα για Δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών του Ε.Μ.Π., διενεργεί έρευνες στην τεχνολογία διαφοροποίησης-τοποθεσίας (site-diversity) για διαστημικές επικοινωνίες και έχει την δυνατότητα για συνεργασία στο θέμα αυτό.



## Morio Toyoshima

Ο Dr. Morio Toyoshima έλαβε PhD από το Πανεπιστήμιο του Τόκιο, στην Ιαπωνία, το 2003 στην ηλεκτρονική μηχανική. Έγινε μέλος του National Institute of Information and Communications Technology (NICT) (former CRL, Ministry of Posts and Telecommunications), στην Ιαπωνία το 1994. Μετά, σύντομα ασχολήθηκε με την έρευνα για το Test Satellite VI (ETS-VI) πείραμα οπτικής επικοινωνίας και αργότερα ενεπλάκη στο πείραμα Επίδειξης laser μεταξύ Γης και Δορυφόρου (Ground-to-Orbit Laser-com Demonstration - GOLD) με το Εργαστήριο Προώθησης Jet της NASA. Συμμετείχε στην Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) (former

NASDA), για την ανάπτυξη διατροχιακής οπτικής επικοινωνίας μεταξύ των δορυφόρων σε τροχιά, μέσω του προγράμματος OICETS (Optical Inter-orbit Communications Engineering Test Satellite).

Τον Δεκέμβριο του 2003, έγινε Ανώτερος Ερευνητής της Optical Space Communications Group, NICT. Ξεκινώντας τον Οκτώβριο του 2004, υπήρξε επισκέπτης ερευνητής στο Vienna University of Technology, Austria, στον τομέα των οπτικών διαστημικών επικοινωνιών. Το 2006 διεξήγαγε τα πειράματα για επικοινωνίες laser μεταξύ Γης και OICETS, ζεύξη επίγειας με διατροχιακή επικοινωνία στο NICT. Ενεπλάκη στην ανάπτυξη ενός Μικρού Οπτικού Επεξεργαστή (Small Optical Transponder - SOTA) για έναν μικροδορυφόρο κατηγορίας 50 κιλών, και διενήργησε πειράματα για επικοινωνίες laser και βασικές κβαντικές επικοινωνίες μεταξύ 2014 και 2016.

Τα ενδιαφέροντα του για έρευνες, αφορούν τη διάδοση / αναπαραγωγή ακτίνων laser μέσω ατμοσφαιρικής αναταραχής / αστάθειας, τις laser επικοινωνίες στο διάστημα και την κβαντική κρυπτογραφία. Είναι από το 2011 Διεθνής του Εργαστηρίου Διαστημικών Επικοινωνιών, στο Κέντρο Έρευνας Ασύρματων Δικτύων του NICT.