

# Ένα διαστημικό ρομπότ στο Μετσόβιο!

Ένας προηγμένος εξομοιωτής διαστημικού ρομπότ, δημιούργημα του Εργαστηρίου Αυτομάτου Ελέγχου του ΕΜΠ, θα πραγματοποιήσει πειράματα που ανοίγουν νέους ορίζοντες στην εξερεύνηση και την εκμετάλλευση του διαστήματος.

Ακούγεται απίστευτο, όμως είναι αληθινό. Ερευνητές του Εργαστηρίου Αυτομάτου Ελέγχου του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου σχεδίασαν και κατασκεύασαν τον εξομοιωτή ενός διαστημικού ρομπότ! Στα εργαστήρια της Σχολής Μηχανολόγων στην Πολυτεχνειούπολη του Ζωγράφου, ένα μικρό ρομπότ πραγματοποιεί λειτουργίες που θα επιτρέψουν την προσομοίωση και την επίγεια μελέτη εργασιών απαραίτητων για ποικίλες διαστημικές εφαρμογές. Το μικρό ρομπότ δε θα ταξιδέψει στο διάστημα, όμως θα πραγματοποιήσει προσομοιώσεις λειτουργιών, που ποικίλλουν από επιδιόρθωση δορυφόρων που κινούνται σε υψηλές τροχιές μέχρι διαδικασίες αποσύνδεσης και σύνδεσης των στοιχείων της αποστολής που ίσως στο κοντινό μέλλον μεταφέρει στη Γη γεωλογικά δείγματα από τον πλανήτη Άρη!

«Ψυχή» του προγράμματος αυτού είναι ο καθηγητής κ. Ευάγγελος Παπαδόπουλος, ο οποίος μας μίλησε εκτενώς για τον προηγμένο ρομποτικό εξομοιωτή και μας έκανε και επίδειξη της λειτουργίας αυτού του πολλά υποσχόμενου συστήματος.

Ο κ. Παπαδόπουλος εντόπισε καταρχήν το σημαντικό πρόβλημα που αφορά την έρευνα στο διάστημα, το οποίο δεν είναι παρά η έλλειψη βαρύτητας. Η αδυναμία προσομοίωσης των συνθηκών έλλειψης βαρύτητας στη Γη έχει αναγκάσει τους ερευνητές να «τρέχουν» τα σχετικά μοντέλα σε υπολογιστή. Για παράδειγμα, ο ρομποτικός βραχίονας του διαστημικού λεωφορείου, το γνωστό Can-

adarm, δοκιμάστηκε εκτενώς με τη βοήθεια προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ένα μέρος των πειραμάτων αφορούσε όμως και καθαρά τον «υλικό» παράγοντα: ένα επίπεδο προσομοιωτή (που κινούνται σε δύο

Η λύση ήταν απλή: Το ρομπότ αιωρείται κυριολεκτικά πάνω σε ένα λεπτότατο στρώμα αερίου, πάνω από μια εξαιρετικά λεία επιφάνεια από γρανίτη. Το στρώμα του αερίου (διοξειδίου του άνθρακα) έχει πάχος μόλις 10 μ-



Ο καθηγητής κ. Ευάγγελος Παπαδόπουλος.

διαστάσεις με αμελητέα τριβή). Κάτι παρόμοιο κατάφερε και το πρόγραμμα του ΕΜΠ. Ο ελληνικός εξομοιωτής είναι ένα μικρό ρομπότ που κινείται σε μια μεγάλη επίπεδη επιφάνεια, καταφέρνοντας έτσι να προσομοιώσει ένα μεγάλο ποσοστό των εργασιών που πραγματοποιούνται σε έλλειψη βαρύτητας. Πώς, όμως, έγινε δυνατό κάτι τέτοιο;

κρά (χιλιοστά του χιλιοστού του μέτρου) και είναι άρατο στο γυμνό μάτι. Οι ανωμαλίες της επιφάνειας (με εμβαδό 4 τ.μ.) είναι απειροελάχιστες (το μέγιστο 5 μικρά), συνεπώς η «γρανιτένια τράπεζα» είναι, πρακτικά, απολύτως λεία. Εν ολίγοις, το ρομπότ είναι ένα μικροσκοπικό «κόβερκραφτ». Ο υπογράφων είχε την ευκαιρία να δοκιμάσει με τα ίδια του τα χέρια την

ΕΡΕΥΝΑ





Τελικοί έλεγχοι πριν από το πείραμα.



Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του ρομποτικού προσομοιωτή.

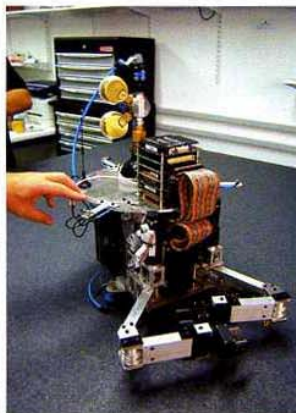


«Αυτό που δε γίνεται κατανόητο είναι ότι η έρευνα στα πανεπιστήμια δημιουργεί εκπαίδευση ανθρώπων υψηλού επιπέδου. Αυτός που θα συμμετάσχει σε μια ομάδα θα είναι έτοιμος να εκπαιδευτεί κι άλλους, να τολμήσει να σχεδιάσει κάτι καινούργιο και να προχωρήσει κάτι καινοτόμο. Αυτό δε γίνεται κατανόητο. Το κράτος έχει την εικόνα ότι δίνει χρήματα και οι επιστήμονες "κάνουν κάτι ομιχλώδες" ή απλώς "παίζουν".

προσομοίωση της έλλειψης βαρύτητας. Το παραμικρότερο σπρώξιμο του ρομπότ άφηνε την εντύπωση της κίνησης σφαίρας πάνω σε πάγο. Ελήφθη ιδιαίτερη μέριμνα για την κατασκευή του βάρους 4 τόνων τραπέζιου από γρανίτη, το οποίο ευθυγραμμίστηκε προσεκτικά καθέτως με την επιτάχυνση της βαρύτητας.

«Το στρώμα του αερίου» λέει ο κ. Παπαδόπουλος «δημιουργείται χάρη σε τρία αεροδρόμια με απολήξεις από πορώδη γραφίτη. Το διοξείδιο του άνθρακα διοχετεύεται με πίεση από τους πόρους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία αεροστρώματος και, πρακτικά, την αιώρηση του ρομπότ.» Αυτά τα αεροδρόμια είναι αυτορρυθμιζόμενα, εξομαλύνοντας κάθε πιθανή ανισοκατανομή στο βάρος του ρομπότ - σε περίπτωση, δηλαδή, που το σύστημα «γέρνει μονόπαντα».

Το βάρος 15 κιλών ρομπότ του ΕΜΠ είναι εξοπλισμένο με δύο ρομποτικούς βραχίονες που χρησιμοποιούνται για τη σύλληψη άλλων αντικειμένων, τα οποία κινούνται με παρόμοιο τρόπο πάνω στο γρανιτένιο



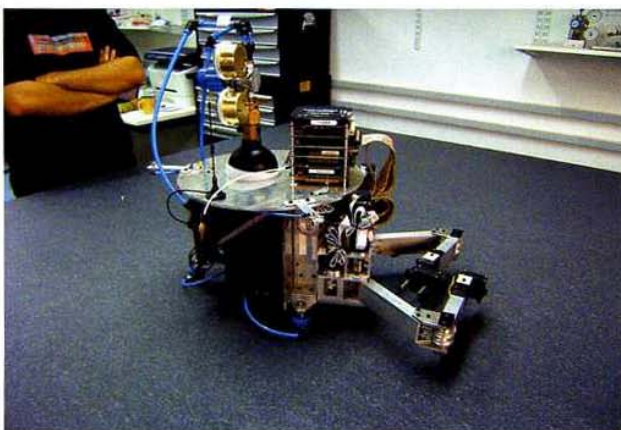
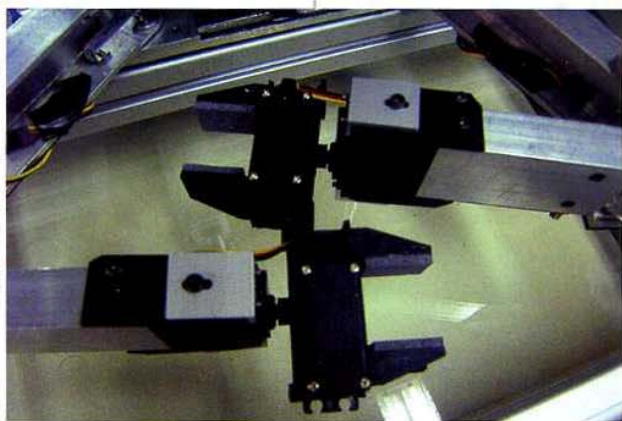
Η τριβή στο γρανιτένιο τραπέζι είναι πρακτικά ανύπαρκτη, για να εξομοιώνεται η κίνηση σε έλλειψη βαρύτητας.

τραπέζι. Ο κ. Παπαδόπουλος διευκρινίζει ότι το σύστημα είναι πολυσύνθετο και αυτόνομο ενεργειακά αλλά και από άποψη πληροφοριών. Πάνω από το γρανιτένιο τραπέζι είναι εγκατεστημένη μια κάμερα η οποία

«βλέπει» το τραπέζι, επιτρέποντας στο χειριστή να κινεί το ρομπότ και να έχει ακριβή εικόνα της θέσης και της κίνησής του. Ένας συμπληρωματικός τρόπος αναγνώρισης θέσης είναι ότι στη βάση των αεροεδράνων υπάρχουν ισάριθμα οπτικά ποντίκια (για gamers, όπως λέει χαρακτηριστικά ο κ. Παπαδόπουλος), με μεγάλη οπτική ανάλυση (1200 dpi).

Πώς κινείται, όμως, το σύστημα στο προσομοιωμένο «διάστημα»; Με τη βοήθεια μικροσκοπικών αεριοωθητών, οι οποίοι τροφοδοτούνται από διοξείδιο του άνθρακα. Η ροή του αερίου δεν είναι συνεχής, αλλά διακοπόμενη - και αυτό, για να προσομοιωθεί η λειτουργία των αντίστοιχων ωθητών των διαστημικών συστημάτων. Οι τελευταίοι χρησιμοποιούν για καύσιμο υδραζίνη, η οποία έχει την τάση να μετατρέπεται σε πάγο στο διαστημικό κενό και να φράζει τις βαλβίδες. Έτσι, οι βαλβίδες είναι On-Off, για να

Οι βραχίονες του ρομποτικού συστήματος.



Κοντινό πλάνο του προσομοιωτή. Διακρίνεται η φιάλη με το αέριο που χρησιμοποιείται για την αιώρηση και την κίνηση του ρομπότ.

αποφεύγεται το πρόβλημα. «Εννοείται πως στο σύστημά μας» εξηγεί ο κ. Παπαδόπουλος «δεν έχουμε υδραζίνη, η οποία είναι εξαιρετικά τοξική, αλλά αδρανές διοξείδιο του άνθρακα. Ανοίγοντας ταχύτατα τις βαλβίδες, επιτυγχάνουμε ενδιάμεσες δυνάμεις ώσης, με αποτέλεσμα να κάνουμε κινήσεις μεγάλης ακρίβειας». Συμπληρωματικά, υπάρχει και ένας σφόνδυλος αντίδρασης (reaction wheel), στην περίπτωση που η πειραματική ομάδα επιθυμεί περιστροφική κίνηση, και όχι μετάπτωση. «Επιταχύνουμε το σφόνδυλο αντίδρασης και το ρομπότ γυρνά





στην αντίθετη κατεύθυνση» λέει ο κ. Παπαδόπουλος. «Η χρήση του φονδύλου αντίδρασης γίνεται καθαρά για λόγους οικονομίας, επειδή στο διάστημα τα καύσιμα είναι περιορισμένα. Αλλά και στο σύστημά μας εξοικονομούμε διοξείδιο του άνθρακα, ούτως ώστε η φιάλη μας να έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής». Το ρομπότ του ΕΜΠ διαθέτει και αισθητήρες στις αρθρώσεις του, για να ξέρει «τι πιάνει» και πού βρίσκεται.

Ο κ. Παπαδόπουλος εξηγεί ότι το ρομπότ σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο ΕΜΠ, σε συνεργασία με το αμερικανικό MIT, την «τεχνολογική Μέκκα». Η διαδικασία διήρκεσε δύο χρόνια, ενώ το σύστημα αναμένεται να ολοκληρωθεί πολύ σύντομα. «Το πρόγραμμα χρηματοδοτήθηκε με ένα project που έγινε σε συνεργασία με το MIT, επειδή η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) είχε καταστρώσει κάποια σχετικά προγράμματα περί Απεγκλωβισμού Ελλήνων Επιστημόνων. Για να πάρεις τα χρήματα, έπρεπε να βρεις μια ομάδα στο εξωτερικό, οπότε απευθυνθήκαμε στο MIT, όπου γινόταν κάτι παρόμοιο, για εύκαμπτα όμως συστήματα.» Η συνεργασία αυτή οφείλεται στο ότι ο κ. Παπαδόπουλος έκανε το Master's και το διδακτορικό του στο αμερικανικό αυτό ίδρυμα.

Ο ίδιος διευκρινίζει ότι το ρομπोटικό σύστημα του MIT δεν αποτελεί πρότυπο για κάποιο αντίστοιχο διαστημικό σύστημα. «Αυτό στο οποίο

αποσκοπούμε είναι η έρευνα σε ζητήματα σύλληψης αντικειμένων ή αυτόματης σύνδεσης μεταξύ συστημάτων. Τα θέματα κρούσης που υπεισέρχονται είναι διαφορετικά όταν έχουμε διαφορετικά μεγέθη τέτοιων συστημάτων. Μια σχετική εφαρμογή θα μπορούσε να είναι σε συστήματα που στο μέλλον θα ανέρχονται σε γεωσύγχρονη τροχιά, για να κάνουν ραντεβού και σέρβις σε εκείτους δορυφόρους - κυρίως τηλεπικοινωνιακούς. Οι δορυφόροι αυτοί είναι ακριβοί και τα επανδρωμένα σκάφη δεν μπορούν να ανέλθουν εύκολα σε τέτοια τροχιά. Με το μοντέλο μας, όμως, μπορούμε να προσομοιώσουμε τη διαδικασία. Μια άλλη εφαρμογή είναι οι modular structures, οι τμηματικές κατασκευές σε τροχιά. Και, τέλος, μια σημαντική εφαρμογή μπορεί να είναι στο ζήτημα της αποστολής που συζητιέται για επιστροφή γεωλογικού δείγματος από τον πλανήτη Άρη. Στην αποστολή αυτήν, μια άκατος θα αποσυνδεθεί από το κύριο σκάφος σε αραιανή τροχιά, θα κατέλθει στον πλανήτη, θα συλλέξει δείγματα, θα απεδαφιστεί και θα επανασυνδεθεί με το κυρίως σκάφος. Στην αποστολή αυτήν υπάρχει πολύ "πάνω-κάτω". Οι διαδικασίες αυτές πρέπει να προσομοιωθούν και να μελετηθούν στη Γη.»

Το ερώτημα που γεννάται αυτόματα στο μυαλό του δημοσιογράφου είναι το κόστος αυτού του ρομπोटικού εξαρτήματος. Η απάντηση του κ. Παπαδόπουλου προκαλεί έκπληξη. «Το

**Ένα από τα μικροζέτι μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η κίνηση του συστήματος.**

κόστος ανήλθε γύρω στα 60.000 ευρώ. Στο πρόγραμμα εργάστηκαν κατά μέσο όρο επτά άτομα υπό την εποπτεία μου, επί δύο χρόνια.» Το βούμερο αυτό φανερώνει ότι η έρευνα πάνω στην εξερεύνηση και την εκμετάλλευση του διαστήματος δεν είναι απαραίτητο να καταναλώνει μυθώδη κονδύλια. Από την άλλη, είναι βεβαίως γεγονός ότι η ομάδα του κ. Παπαδόπουλου είχε να αντιμετωπίσει και να επιλύσει πολλά προβλήματα που δεν είχαν καμία σχέση με τις τεχνολογικές δυσκολίες. «Υπάρχει μεγάλη διαφορά με το εξωτερικό ως προς τις ανάγκες. Όμως, κάθε αγορά σήμαινε και μεγάλη "χαρτούρα"». Καταλαβαίνει κανείς ότι η επιστημονική ομάδα του ΕΜΠ έπρεπε μεταξύ άλλων να πολεμήσει και με το ανίκητο τέρας της ελληνικής γραφειοκρατίας! Επιπλέον, είχε να αντιμετωπίσει και άλλους παράγοντες, όπως τις τελωνειακές διαδικασίες (όταν οι τελωνειακοί δεν... απεργούν) αλλά και τη γνωστή «επανάστατική γυμναστική» στα εκπαιδευτικά ιδρύματα, που μεταφράζεται σε απεργίες, καταλήψεις και «χτισίματα» καθηγητών μέσα στα γραφεία τους...

«Η γραφειοκρατία αποτελεί ένα τεράστιο πρόβλημα στην έρευνα» ομολογεί ο κ. Παπαδόπουλος. «Από εκεί και ύστερα, υπάρχει το πρόβλημα ότι δεν υπάρχει σε όλους η ίδια αντιμετώπιση της έρευνας, ακόμα και μεταξύ συναδέλφων. Υπάρχουν νσιδδες που κάνουν δουλειά, αλλά και άλλοι που δεν έχουν αυτόν τον προσανατολισμό. Απλώς στο εξωτερικό, αν είσαι ερευνητής, σε βοηθάνε, για παράδειγμα κάνουν λιγότερα μαθήματα κτλ. Εδώ δεν υπάρχει διάκριση. Όμως, το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι ότι δεν υπάρχουν χρήματα. Και, εκτός του ότι δεν υπάρχουν, υφίσταται και η νοστοροπία ότι "και να τα δώσουμε, θα πάνε στράφι". Κι έτσι πάνε στράφι...»

Τι γίνεται, όμως, τώρα που η Ελλάδα είναι κανονικό μέλος της Ευρωπαϊκής Διαστημικής Υπηρεσίας (ESA) εδώ και τρία χρόνια; «Προσπαθούμε να πάρουμε μια επιχορήγηση από εκεί» λέει ο κ. Παπαδόπουλος. «Βέβαια, τα πράγματα δεν είναι εύκολα, γιατί τα προγράμματα αφορούν πιο πολύ εταιρείες. Δυστυχώς, από το 2003 και μετά, η Ελλάδα δεν έχει προκηρύξει κανένα ερευνητικό πρόγραμμα για πανεπιστήμια. Δεν

υπάρχουν χρήματα. Τώρα ακούγεται ότι θα προκηρυχθούν, αλλά ήδη έχουν περάσει πέντε χρόνια. Υπάρχει πρόβλημα να κρατήσει μια ερευνητική ομάδα. Ο σπουδαστής δεν μπορεί να περιμένει επί άπειρον.»

Όπως και να έχει, όμως, ο ρομπोटικός εξομοιωτής αποτελεί ένα «ισχυρό ελληνικό χαρτί» που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στη συμμετοχή της Ελλάδας στην ESA. Ο κ. Παπαδόπουλος συμφωνεί, αλλά διευκρινίζει ότι το «χαρτί» θα ήταν ακόμα ισχυρότερο, αν η χώρα μας συμμετείχε στον τομέα της ρομπोटικής στα προγράμματα της ESA. Όμως, δε συμμετέχει. Έτσι, η ομάδα του ΕΜΠ αναγκάστηκε να εντάξει το πρόγραμμα σε άλλον τομέα, συγκεκριμένα στη διαστημική εξερεύνηση. Η μη συμμετοχή της χώρας μας στο συγκεκριμένο τομέα οφείλεται σε απόφαση της ΓΓΕΤ, η οποία ελήφθη βάσει του ενδιαφέροντος, των παρόντων κονδυλίων αλλά και των υπαρχουσών ελληνικών εταιρειών. Για την τηλεπισκόπηση, φερειπεί, υπάρχει πολύ μεγαλύτερο ενδιαφέρον, όπως και για τις τηλεπικοινωνίες.

Τελειώνοντας, ο κ. Παπαδόπουλος θίγει κάποια θεμελιώδη προβλήματα. «Αυτό που δε γίνεται κατανοητό είναι ότι η έρευνα στα πανεπιστήμια δημιουργεί εκπαίδευση ανθρώπων υψηλού επιπέδου. Αυτός που θα συμμετάσχει σε μια ομάδα θα είναι έτοιμος να εκπαιδευτεί κι άλλους, να τολμήσει να σχεδιάσει κάτι καινούργιο και να προχωρήσει κάτι καινοτόμο. Αυτό δε γίνεται κατανοητό. Το κράτος έχει την εικόνα ότι δίνει χρήματα και οι επιστήμονες "κάνουν κάτι ομιχλώδες" ή απλώς "παίζουν". Είμαστε εκπαιδευτικά ιδρύματα, δεν είμαστε εταιρείες, για να φτιάχνουμε προϊόντα και να πουλήσουμε, δεν έχουμε μάρκετινγκ. Και εδώ υπάρχει το τεράστιο θέμα σύνδεσης ακαδημαϊκού χώρου και βιομηχανίας. Στην Ελλάδα οι σχετικές εταιρείες είναι ελάχιστες και επιπλέον αμφισβητούν κατά πόσο μπορούν να βοηθηθούν από τον ακαδημαϊκό χώρο. Αλλά το σοβαρότερο είναι ότι δεν έχουν πραγματικές ανάγκες έρευνας και ανάπτυξης, οπότε παραγγέλνουν από το εξωτερικό ό,τι χρειάζονται. Αυτό έχει αλλάξει λιγάκι τα τελευταία χρόνια. Όλοι ευελπιστούμε για κάτι καλύτερο. Όμως, έχουμε πολύ δρόμο ακόμα μπροστά μας.»

**Το «κέντρο ελέγχου» του προσομοιωτή. Μέσω της οθόνης γίνεται εφικτή η παρακολούθηση και ο έλεγχος του ρομπότ.**



**Ένα από τα τρία αεροδρόνα του προσομοιωτή, μέσω των οποίων το σύστημα αιωρείται σε ένα στρώμα διοξειδίου του άνθρακα.**

