

# PROTEAS (PROgramming Tangible Activity System): Τεχνολογικό σύστημα απτού και εικονικού προγραμματισμού για παιδιά

Θ. Σαπουνίδης, Σ. Δημητριάδης

Τμήμα Πληροφορικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης  
{teo, sdemetri}@auth.gr

## Περίληψη

Αυτό το άρθρο παρουσιάζει το σύστημα PROTEAS το οποίο αποτελείται από δύο υποσυστήματα απτού (Tangible) και ένα υποσύστημα εικονικού (Virtual) προγραμματισμού. Το PROTEAS Kit, έχει σχεδιαστεί με στόχο να επιτρέπει εισαγωγικές δραστηριότητες προγραμματισμού για παιδιά και αρχάριους χρήστες. Στο άρθρο παρουσιάζονται τα τρία υποσυστήματα του PROTEAS Kit: (α) το υποσύστημα T\_Butterfly με το οποίο ο χρήστης μπορεί, χρησιμοποιώντας διεπαφή απτού προγραμματισμού να προγραμματίσει τη διαδρομή μιας πεταλούδας σε έναν εικονικό λαβύρινθο. (β) Το υποσύστημα T\_ProRob με το οποίο ο χρήστης μπορεί, χρησιμοποιώντας μια πλήρη συλλογή απτών εντολών να προγραμματίσει ένα Lego NXT ρομπότ. (γ) Το υποσύστημα V\_ProRob το οποίο είναι το εικονικό (virtual) ισοδύναμο το T\_ProRob. Η παρουσίαση δίνει έμφαση σε μια σειρά από καινοτομίες και χαρακτηριστικά που εισάγει το PROTEAS Kit, στον χώρο των απτών διεπαφών χρήστη.

**Λέξεις κλειδιά:** *Απτές διεπαφές, εισαγωγικός προγραμματισμός, διδακτική προγραμματισμού.*

## Abstract

This paper presents the PROTEAS Kit which consists of two tangible and a virtual introductory programming tools. The PROTEAS Kit has been designed to make programming concepts more accessible to novice programmers of all ages. In this paper we present the PROTEAS kit subsystems and analyze their functionality in short. The first subsystem called T\_Butterfly enables the user to program the movement of a virtual butterfly in a maze, using tangible smart cubes. The second subsystem called T\_ProRob, consists of a complete set of tangible commands in the form of connectable cubes. The user can program the behavior of a Lego NXT robot by interconnecting the cubes. The third subsystem called V\_ProRob is the virtual equivalent of T\_ProRob. Additionally, the paper emphasizes the innovative features introduced by the PROTEAS kit design, regarding the functionality of tangible interfaces.

**Keywords:** *Tangible user interfaces, introductory programming, didactics of programming.*

## 1. Εισαγωγή

Η εργασία της Radian Perlman, ερευνήτριας του MIT, οδήγησε στις αρχές της δεκαετίας του 70 σε αυτό που σήμερα ονομάζουμε «απτός» προγραμματισμός (Tangible Programming). Η Perlman είχε διαπιστώσει ότι τα παιδιά, τα οποία

προσπαθούσε να εκπαιδεύσει δεν μπορούσαν να προγραμματίσουν με τον παραδοσιακό τρόπο, πληκτρολογώντας εντολές Logo σε υπολογιστή με το κλασικό πληκτρολόγιο (Cockburn & Bryant, 1997). Το πρόβλημα που αντιμετώπιζαν τα παιδιά είχε να κάνει με την ίδια τη διεπαφή και όχι με τον κώδικα. Οι προσπάθειές της τότε επικεντρώθηκαν στην αλλαγή της διεπαφής, προκειμένου ακόμα και παιδιά προσχολικής ηλικίας να μπορούν να προγραμματίσουν τη χελώνα χρησιμοποιώντας εντολές Logo. Η σχεδιαστική της προσπάθεια οδήγησε στην πρώτη απτή διεπαφή το Tortis Slot machine (Kelleher & Pausch, 2005).

Από τότε πέρασαν τουλάχιστον 20 χρόνια μέχρι που το 1997 οι Ishii και Ullmer, (Ishii & Ullmer, 1997) έβαλαν τα θεμέλια για την έρευνα στις απτές διεπαφές χρήστη (Tangible User Interfaces) και δημιουργήθηκαν οι ευκαιρίες για εφαρμογές σε σχολικές τάξεις (Itoh et al., 2004). Μια ερευνητική περιοχή που επωφελήθηκε από τις απτές διεπαφές χρήστη είναι αυτή του απτού προγραμματισμού που αξιοποιείται κυρίως στην εκπαίδευση παιδιών και αρχαρίων χρηστών (Blackwell, 2003). Το χαρακτηριστικό των προγραμμάτων απτού προγραμματισμού είναι ότι οι χρήστες χρησιμοποιούν, προκειμένου να προγραμματίσουν, αντικείμενα του φυσικού κόσμου αντί για γραπτές εντολές ή εικονικά αντικείμενα στην οθόνη κάποιου υπολογιστή (Wyeth & Purchase, 2002a; Smith, 2009; Horn et al., 2009). Τα συστήματα που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς και είχαν σαν σκοπό τον προγραμματισμό μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα *ενεργά* (active) συστήματα και τα *παθητικά* (passive). Στα ενεργά συστήματα εντάσσονται τα συστήματα τα οποία μέσα τους ενσωματώνουν ηλεκτρονικά κυκλώματα (πχ. Suzuki & Kato, 1993), ενώ τα παθητικά είναι συστήματα τα οποία βασίζονται κυρίως για τη λειτουργία τους σε αναγνώριση εικόνας (πχ. Horn, 2009). Παρά τις διάφορες σχεδιαστικές προσπάθειες, φαίνεται ότι δεν έχουν αποδειχθεί με σαφήνεια τα προτερήματα ενός απτού συστήματος κατά την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας στο πραγματικό περιβάλλον μιας τάξης (Marshall, 2007; Xu, 2007). Δεν έχουν καν προσδιοριστεί οι ιδιότητες εκείνες των απτών διεπαφών χρήστη οι οποίες προσθέτουν αξία σε αυτά τα συστήματα (Zaman et al., 2009; Antle, 2007b; Price, 2008).

## **2. Το σύστημα PROTEAS**

Θέλοντας να συμβάλουμε στη καινοτομία της σχεδίασης των απτών γλωσσών προγραμματισμού χρησιμοποιήσαμε μικροελεγκτές και ταυτόχρονα ενσωματώσαμε στα συστήματα μας ιδιότητες οι οποίες δεν έχουν αξιοποιηθεί ποτέ το παρελθόν. Η ενσωμάτωση ιδιοτήτων όπως βάρος, σχήμα, διάδραση με τον χρήστη πάνω στη διεπαφή κ.λπ. συμβάλει δραστικά στον διάλογο σχετικά με το ποιες ιδιότητες των απτών διεπαφών είναι αυτές που μπορούν να ενσωματωθούν και πιθανώς να εξασφαλίζουν προτερήματα σε ένα απτό σύστημα εκμάθησης προγραμματιστικών εννοιών (Manches et al., 2010; Xie et al., 2008).

Με τη χρήση του υποσυστήματος T\_Butterfly οι χρήστες προγραμματίζουν προκειμένου να οδηγήσουν μια πεταλούδα σε έναν εικονικό λαβύρινθο. Ενώ με τη χρήση του συστήματος T\_ProRob και V\_ProRob οι χρήστες προγραμματίζουν ένα Lego NXT ρομπότ. Τα T\_Butterfly και T\_ProRob είναι ενεργές απτές γλώσσες προγραμματισμού και διαθέτουν απτά κουτιά - εντολές με τη χρήση των οποίων οι αρχάριοι χρήστες, ηλικίας από 4 χρονών και πάνω μπορούν να προγραμματίσουν (Zuckerman et al., 2005; Wyeth & Purchase, 2002a). Σε κάθε περίπτωση οι χρήστες δεν γράφουν εντολές ούτε χρησιμοποιήσουν το πληκτρολόγιο ή το ποντίκι, με το οποίο δεν χρειάζεται καν να εξοικειωθούν προσθέτοντας επιπλέον γνωστικό φορτίο (McNerney, 2001).

### **2.1 T\_Butterfly**

Το υποσύστημα T\_Butterfly είναι η πρώτη απτή γλώσσα προγραμματισμού που ενσωματώθηκε στο σύστημα PROTEAS, η οποία αποσκοπεί μέσα από την απλότητα της να δώσει σε μικρά παιδιά την ευκαιρία να κάνουν τα πρώτα τους βήματα στον προγραμματισμό (Antle, 2007a; Marshall, 2007). Η έκδοση αυτή του συστήματος περιλαμβάνει κύβους εντολές διαστάσεων 8,5cm x 2cm και 5cm x 5cm. Ο χρήστης συνδέει τους κύβους εντολές πάνω σε μια βάση (κουτί πατέρας) και με το πάτημα ενός κουμπιού βλέπει στην οθόνη μια πεταλούδα να 'πετάει' ακολουθώντας τις εντολές. Η πεταλούδα ξεκινάει πάντα τις πτήσεις της από το σημείο εκκίνησης, το σπιτάκι της, με στόχο να φτάσει σε ένα λουλούδι. Η σύνδεση της βάσης (κουτί πατέρας) με τον υπολογιστή γίνεται με ένα καλώδιο RS232. Σε ό,τι αφορά τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των κουτιών - εντολών γίνεται μόνο από το ένα στο άλλο χωρίς την ύπαρξη κάποιου κοινού διαύλου (data bus) που τα συνδέει. Αξίζει να σημειωθεί ότι την ίδια χρονική στιγμή πολλά κουτιά μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η κατασκευή των κουτιών εντολών βασίστηκε σε έναν χαμηλού κόστους μικροελεγκτή τον 16F628 της Microchip και έναν εξίσου χαμηλού κόστους υποδοχέα σύνδεσης.





**Εικόνα 3**

Σε αυτό το πρόγραμμα το NXT ρομπότ της Lego θα εκτελέσει τρεις φορές την αλληλουχία:

- 2 βήματα προς τα εμπρός,
- delay,
- θα βγάλει ένα ήχο.

Μετά το πέρας της ρουτίνας επανάληψης το ρομπότ θα κάνει έλεγχο με τον αισθητήρα φωτός και αν υπάρχει φως θα κάνει άλλο ένα βήμα προς τα εμπρός.

Οι ενέργειες που μπορεί να κάνει ο χρήστης είναι από πολύ απλές όπως άναψε το φως, βγάλε ήχο, κάνε ένα βήμα εμπρός – πίσω στρίψε δεξιά – αριστερά. Το σύστημα επιπλέον διαθέτει εντολές επανάληψης και ελέγχου υποστηρίζοντας ταυτόχρονα πιο πολύπλοκους συνδυασμούς όπως εμφωλιασμένες επαναλήψεις. Ένας ειδικός κύβος, στον οποίο ο χρήστης μπορεί να υποθηκεύσει και στη συνέχεια να επαναχρησιμοποιήσει τον κώδικα του, συμπληρώνει το σύνολο των εντολών. Το σύνολο των παραμέτρων του T\_ProRob είναι μικρότεροι κύβοι οι οποίοι προσαρμόζονται στις εντολές αλλάζοντας τους την λειτουργία. Για παράδειγμα η εντολή κίνησης ενός βήματος εμπρός, με την προσθήκη της παραμέτρου τρία μετατρέπεται σε κίνηση τριών βημάτων προς την ίδια κατεύθυνση. Για την κατασκευή του συστήματος έχουν χρησιμοποιηθεί δυο μικροελεγκτές με υψηλές επιδόσεις, ο 18F2620 και ο 18F4550 της Microchip. Ο χρήστης συνδέει πάνω σε μια βάση (κουτί πατέρας) τις εντολές, προκειμένου να σχηματίσει το πρόγραμμα. Στη συνέχεια με το πάτημα του κουμπιού εκτέλεσης, που βρίσκεται στο κουτί πατέρας, αρχίζει η επικοινωνία με τα κουτιά - εντολές με σκοπό να αποσταλούν οι εντολές ελέγχου και ανάγνωσης του προγράμματος. Η επόμενη εργασία που αναλαμβάνει το κουτί πατέρας είναι να επικοινωνήσει με Bluetooth ή RS232 με έναν υπολογιστή ο οποίος καταγράφει σε μια βάση δεδομένων μεταξύ άλλων και στατιστικά στοιχεία

σχετικά με το πρόγραμμα που έχει δημιουργήσει ο χρήστης. Μετά την καταγραφή ο υπολογιστής στέλνει με Bluetooth το πρόγραμμα σε ένα NXT Robot προκειμένου να εκτελεστεί. Τα χαρακτηριστικά του υποσυστήματος αυτού μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Το υποσύστημα είναι μια ενεργή απτή γλώσσα προγραμματισμού όπου τα κουτιά εντολές έχουν ενσωματωμένη ευφυΐα.
- Υπάρχει ικανοποιητική συλλογή τόσο εντολών όσο και παραμέτρων (Cockburn & Bryant, 1997)
- Το σύστημα μπορεί να αποκρύψει τον υπολογιστή από τους χρήστες δεδομένου ότι οι επικοινωνίες μπορούν να γίνουν και ασύρματα.
- Ο χρήστης προγραμματίζει σε πραγματικό περιβάλλον και βλέπει το αποτέλεσμα του προγράμματος του στον ίδιο φυσικό χώρο (Patten et al., 2000).
- Το σύστημα θέτει τους κατάλληλους περιορισμούς στους χρήστες, ώστε για παράδειγμα δεν είναι δυνατόν κάποιος να συνδέσει τα κουτιά ανάποδα (Ullmer et al., 2005).
- Δεν απαιτούνται μπαταρίες για τα κουτιά και το σύστημα πράγμα που εξασφαλίζει συνεχή λειτουργία χωρίς επαναφόρτιση.
- Το μέγεθος των κουτιών είναι κατάλληλα προσαρμοσμένο στην ηλικία των παιδιών που πρόκειται να τα χρησιμοποιήσουν.
- Δεν απαιτούνται σταθερές συνθήκες λειτουργίας, ούτε οι χρήστες απαιτείται να χρησιμοποιούν κάποια συγκεκριμένη επιφάνεια για να δημιουργήσουν το πρόγραμμα τους.

### **2.3 V\_ProRob**

Ο σχεδιασμός του V\_ProRob βασίστηκε στις δυνατότητες και στις ιδιαιτερότητες του T\_ProRob προκειμένου να αποτελέσει ένα αξιόπιστο εικονικό ομοίωμα του. Το υποσύστημα αυτό έχει τις ίδιες εντολές – παραμέτρους με αυτές που προσφέρει το T\_ProRob. Οι χρήστες προκειμένου να δημιουργήσουν ένα πρόγραμμα παίρνουν με ‘Drag and Drop’ τις διαθέσιμες εντολές και παραμέτρους και τις τοποθετούν στη σειρά προκειμένου να φτιάξουν την αλληλουχία των εντολών. Η αμφίδρομη επικοινωνία του υποσυστήματος με το NXT ρομπότ γίνεται με Bluetooth. Η ύπαρξη αμφίδρομης επικοινωνίας του υποσυστήματος με το ρομπότ επιτρέπει στο υποσύστημα να αλληλεπιδρά με τους χρήστες πάνω στα εικονίδια των εντολών και των παραμέτρων. Τέλος το σύστημα συνδέεται με μια βάση δεδομένων στην οποία καταγράφονται στοιχεία του προγράμματος που έχει φτιάξει ο χρήστης Εικόνα 4.



**Εικόνα 4**

Τα χαρακτηριστικά του υποσυστήματος αυτού μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού μηδαμινού κόστους.
- Ο χρήστης προγραμματίζει σε virtual περιβάλλον με το ποντίκι και το αποτέλεσμα του προγραμματισμού φαίνεται στον φυσικό του χώρο.
- Δεν απαιτούνται σταθερές συνθήκες λειτουργίας άρα μπορεί εύκολα να αξιοποιηθεί στο πραγματικό περιβάλλον μιας τάξης ενός σχολείου.
- Το σύστημα θέτει τους κατάλληλους περιορισμούς στους χρήστες.
- Υπάρχει ικανοποιητική συλλογή τόσο εντολών όσο και παραμέτρων.
- Πάνω στην εικόνα κάθε εντολής ή παράμετρου ο χρήστης λαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την κατάσταση του προγράμματος και του ρομπότ.
- Το σύστημα V\_ProRob είναι ένα ισομορφικό ισοδύναμο μιας απτής γλώσσας προγραμματισμού.

#### **2.4 Οι καινοτομίες του συστήματος PROTEAS**

Με την παρουσίαση του συστήματος PROTEAS εισάγουμε, στον χώρο του απτού προγραμματισμού, καινοτομίες σε σχέση με παρόμοιες προσεγγίσεις:

- Στο υποσύστημα T\_Butterfly το σχήμα που διαμορφώνεται στο πραγματικό περιβάλλον από τα command blocks είναι όμοιο με τη διαδρομή που θα επακολουθήσει η πεταλούδα, βοηθώντας έτσι τους χρήστες να αντιληφθούν τη διαδρομή που προγραμματίσαν.
- Το υποσύστημα T\_ProRob παρέχει αυξημένη διάδραση με τους χρήστες πάνω στη διεπαφή (Zuckerman et al., 2005).
  - Ο χρήστης γνωρίζει το αποτέλεσμα ενός έλεγχου του Robot με Led που βρίσκονται πάνω στη διεπαφή (True - False)