

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2002)

3ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



WebInspector: Προσαρτήσιμο, Πολυχρηστικό Σύστημα Παρακολούθησης Ενεργειών-Γεγονότων

Γιώργος Παλαιγεωργίου, Θεοφάνης Δεσποτάκης, Σιώζος Παναγιώτης, Ιωάννης Τσουκαλάς

Βιβλιογραφική αναφορά:

Παλαιγεωργίου Γ., Δεσποτάκης Θ., Παναγιώτης Σ., & Τσουκαλάς Ι. (2002). WebInspector: Προσαρτήσιμο, Πολυχρηστικό Σύστημα Παρακολούθησης Ενεργειών-Γεγονότων. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 689-698. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8846>

WebInspector: Προσαρτήσιμο, Πολυχρηστικό Σύστημα Παρακολούθησης Ενεργειών-Γεγονότων

Παλαιγεωργίου Γιώργος, υπ.διδάκτορας
Δεσποτάκης Θεοφάνης, υπ.διδάκτορας
Σιώζος Παναγιώτης, υπ.διδάκτορας
Τσουκαλάς Ιωάννης, καθηγητής

Εργαστήριο Πολυμέσων,
Τμήμα Πληροφορικής,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ελλάδα
{gpalegeo, tdespota, psiozos, tsoukala}@csd.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι περισσότερες σύγχρονες εκπαιδευτικές διαδικτυακές εφαρμογές προσπαθούν να καταγράψουν την εξέλιξη των αλληλεπιδράσεών τους με τους χρήστες και να εκμεταλλευτούν τα χαρακτηριστικά της. Έχουν προταθεί πολλαπλοί μηχανισμοί παρακολούθησης και προαγωγής των διαδραστικών περιστάσεων που όμως ενσωματώνονται τις περισσότερες φορές με αποκλειστικό τρόπο στην εκάστοτε εφαρμογή. Στη συγκεκριμένη εισήγηση προτείνουμε ένα γενικό Προσαρτήσιμο, Πολυχρηστικό Σύστημα Παρακολούθησης Ενεργειών-Γεγονότων για υπάρχουσες διαδικτυακές εφαρμογές με σκοπό τη ποικιλότητα υποβοήθησης της ανάπτυξης της ιστορικής εξέλιξης των αλληλεπιδράσεων. Το πλαίσιο που προτείνεται προσπαθεί να ολοκληρώσει τις ακόλουθες υπηρεσίες: την παρακολούθηση της χρήσης μαθησιακών πόρων, τη δυνατότητα αναπαραγωγής των ενεργειών των χρηστών, την επίδειξη εξελικτικής συμπεριφοράς από αντικείμενα της διεπαφής, τη συγγραφή μικρών αντιδραστικών σεναρίων αλληλεπίδρασης και τη χρήση εργαλείων αποτίμησης ευχρηστίας. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική βασίζεται τεχνικά στην μεταφορά των μηχανισμών καταγραφής και επεξεργασίας των ενεργειών των χρηστών από τον εξυπηρετή στον εκάστοτε πλοηγητή, προυποθέτει το φορμαλισμό των δυνατών ενεργειών των χρηστών και ρυθμίζεται από ξεχωριστή εφαρμογή ελέγχου των επιμέρους στοιχείων της.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: παρακολούθηση ενεργειών, φορμαλισμός ενεργειών διεπαφής, ανάλυση χρήσης μαθησιακών πόρων, αναπαραγωγή ενεργειών, συγγραφικά εργαλεία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλες οι σύγχρονες εκπαιδευτικές διαδικτυακές εφαρμογές εμπεριέχουν μονάδες συλλογής πληροφοριών για την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή είτε για να επιδείξουν μια δυναμικά αναπροσαρμοζόμενη και εξελισσόμενη συμπεριφορά είτε για να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες για την αξιολόγηση της αποδοτικότητάς τους. Οι νέες τάσεις προγραμματισμού όμως, όπως η εκτεταμένη προφόρτωση δεδομένων σε κάθε ιστοσελίδα για την ελαχιστοποίηση της φαινόμενης αλληλεπίδρασης με το διαδικτυακό εξυπηρετή και η δυναμική προσαρμοστική δόμηση του περιεχομένου των σελίδων, καθιστούν την παρακολούθηση από τα αρχαία καταγραφής του διαδικτυακού εξυπηρετή, αδύναμη και ασυνεπή. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται

και σε πιο απλές περιπτώσεις, όπως συμβαίνει σε ερωτηματολόγια αξιολόγησης γνώσεων όπου η έλλειψη πληροφοριών πλοήγησης ανάμεσα στις περιεχόμενες ερωτήσεις μειώνει τις ευκαιρίες περαιτέρω κατανόησης του αλληλεπιδραστικού πρωτοκόλλου.

Επομένως, ανιχνεύτηκε η ανάγκη για μια πληρέστερη και αποτελεσματικότερη οργάνωση της διαδικασίας καταγραφής των δεδομένων χρήσης των εφαρμογών. Τα γεγονότα που προκαλούνται στη διεπαφή από το χρήστη δεν είναι ικανά από μόνα τους να αποκαλύπτουν τις ερμηνευτικές ιδιότητες των ενεργειών των χρηστών. Θεωρήσαμε αναγκαίο τον εμπλουτισμό του καταγραφόμενου ρεύματος δεδομένων τη στιγμή που οι ενέργειες του χρήστη πραγματοποιούνται. Είναι προφανές ότι η πρόσβαση εκείνη τη στιγμή σε άλλες περιβαλλοντικές μεταβλητές είναι εύκολη και αξιόπιστη. Επειδή όμως οποιαδήποτε ερμηνευτική γενίκευση θα ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να είναι ενσωματώσιμη στις έντονα διαφορετικές αρχιτεκτονικές των εκπαιδευτικών εφαρμογών, αναπτύξαμε ένα πλαίσιο καταγραφής το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί από τους προγραμματιστές στις διαφορετικές ανάγκες των διαδικτυακών τους εφαρμογών. Το πλαίσιο WebInspector είναι πολύ απλό στη χρήση του και η χρήση του δεν προαπαιτεί ιδιαίτερες προγραμματιστικές γνώσεις.

Η βασική καινοτομία της συγκεκριμένης αρχιτεκτονικής έγκειται στο ότι μεταθέτουμε τις διεργασίες ανάλυσης από τους εξυπηρετές στους πλοηγητές. Επιπλέον, ενώ η συνήθης ανάλυση στους εξυπηρετές πραγματοποιείται χωρίς γνώση για τις παρεχόμενες ενέργειες του συστήματος στους χρήστες, η ανάλυση αυτή στο σύστημα WebInspector βασίζεται στην υλοποίηση μικρής σε έκταση ανάλυσης τη στιγμή που κάθε ενέργεια εκδηλώνεται στον πλοηγητή με αξιοποίηση της γνώσης των δυνατών ενεργειών μέσω κατάλληλου formalισμού. Η ανάλυση αυτή μας επιτρέπει να εξάγουμε και να συμπληρώσουμε επιπλέον πληροφορίες στο ρεύμα καταγραφής των αλληλεπιδράσεων.

Ο εμπλουτισμός του ρεύματος πληροφοριών μπορεί να αναπτυχθεί με τρόπο τέτοιο ώστε να υποστηρίξει και μια σειρά επιπλέον υπηρεσιών που λειτουργούν λαμβάνοντας πληροφορίες μόνο από το συγκεκριμένο ρεύμα δεδομένων. Οι επιπρόσθετες υπηρεσίες είτε χρησιμοποιούν στοιχεία από το ρεύμα αλληλεπίδρασης είτε εισάγουν νέα δεδομένα. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται μέσω προκαθορισμένης προγραμματιστικής διασύνδεσης με το ρεύμα δεδομένων. Η παροχή δυνατότητας ευέλικτης επικοινωνίας με το πρωτόκολλο συλλογής δεδομένων επιτρέπει την εύκολη και ανεξάρτητη εκμετάλλευσή της αλληλεπίδρασης αυτής για την παροχή επιπλέον υπηρεσιών.

Ο formalισμός που αναπτύξαμε χρησιμοποιείται πειραματικά για την υποστήριξη πέντε υπηρεσιών που μπορούν να λειτουργούν παράλληλα:

Α) Την παροχή δυνατότητας καταγραφής, αναπαράστασης και αναπαραγωγής των ενεργειών των χρηστών. Ο μηχανισμός αναπαραγωγής προσφέρει στους ενδιαφερόμενους τη δυνατότητα να επιλέγουν και να παρακολουθούν με χρονική συνέπεια την ακολουθία ενεργειών των χρηστών που καταγράφηκε σε ενόητες αλληλεπίδρασής τους με το σύστημα. Η λειτουργικότητα αυτή που μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή ιστορικού μάθησης σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα είναι ιδιαίτερα σημαντική για πολλαπλούς λόγους (Plaisant, 1999).

Β) Την παροχή δυνατότητας ανίχνευσης της *ευχρηστίας* της διασύνδεσης της εφαρμογής με τη χρήση εργαλείων ανάλυσης και επεξεργασίας του καταγραφόμενου ρεύματος δεδομένων (Hilbert 2000) και εργαλείων για τη συλλογή πληροφοριών απευθείας από τους χρήστες της εφαρμογής είτε με την εμφάνιση ερωτημάτων όταν συγκεκριμένες συνθήκες ικανοποιούνται είτε με τη βούληση των ίδιων των χρηστών που θέλουν να δηλώσουν από μόνοι τους προβλήματα ευχρηστίας που εντόπισαν (Hartson 1996).

Γ) Την παροχή δυνατότητας στους διαχειριστές της εφαρμογής να προσδιορίζουν *ενέργειες των χρηστών που αφήνουν ίχνη αλληλεπίδρασης* πάνω σε ψηφιακά αντικείμενα. Η καταγραφή των ενεργειών αυτών, που ουσιαστικά αντιπροσωπεύει τη χρήση των αντικειμένων, καθιστά εφικτή σε μελλοντικές περιπτώσεις, την απεικόνισή τους με αφηρημένες γραφικές αναπαράστασεις της συσσωρευμένης ιστορικής τους χρήσης (Hill, 1993, Wexelblat, 1999). Οι τύποι των ψηφιακών

αντικειμένων και αντίστοιχων αναπαραστάσεων που υποστηρίζει η εφαρμογή είναι προκαθορισμένοι.

Δ) Την παροχή δυνατότητας παρακολούθησης και ελέγχου του τρόπου εκτέλεσης της εφαρμογής για λόγους *αποσφαλμάτωσης και αξιολόγησης της λειτουργικότητας του λογισμικού*. Οι κατασκευαστές της εφαρμογής πρέπει να είναι σε θέση να προσδιορίζουν τμήματα της εκτελούμενης εφαρμογής –διεργασίες ή μεταβλητές - που θέλουν να παρακολουθούν και να έχουν τη δυνατότητα ανάλυσης των δεδομένων που προκύπτουν (Bates 1996, Hilbert 1999)

Ε) Την παροχή δυνατότητας συγγραφής μικρών *σεναρίων προσαρμογής του περιβάλλοντος* και *σχολιασμού των επιλογών του χρήστη* που εκκινούνται όταν αναγνωριστούν συγκεκριμένα μοτίβα συμπεριφοράς που έχουν δηλωθεί ως ενέργειες. Θα πρέπει να μπορεί, επομένως, ο κατασκευαστής της εφαρμογής ή και ο διαχειριστής της να δηλώσει ότι αν ο χρήστης, για παράδειγμα, επισκεφτεί για πρώτη φορά τη σελίδα αξιολόγησης της εκπαιδευτικής εφαρμογής, τότε θα εμφανιστεί ένας πράκτορας διεπαφής που θα του εξηγήσει τη λειτουργικότητα της συγκεκριμένης σελίδας.

Ο στόχος μας είναι η διεύρυνση της αναπαράστασης των δυνατών ενεργειών με σκοπό την υποστήριξη επιπλέον υπηρεσιών που όμως η φύση τους είναι ανεξάρτητη από την εκάστοτε εφαρμογή, βασίζονται αποκλειστικά στην καταγραφή του ρεύματος αλληλεπίδρασης και δεν αποτελούν μέρος της εσωτερικής λογικής των εφαρμογών.

Στη συγκεκριμένη εισήγηση προτείνουμε το αρχιτεκτονικό σχέδιο παρακολούθησης των ενεργειών των χρηστών με τέτοιο τρόπο που ικανοποιούνται οι ακόλουθες συνθήκες:

Α) να είναι δυνατή η εύκολη ενσωμάτωση αλλά και απομάκρυνσή του σε υπάρχουσες εκπαιδευτικές διαδικτυακές εφαρμογές

Β) να είναι ανεξάρτητο από την προγραμματιστική πλατφόρμα του εξυπηρετή

Γ) να μην προϋποθέτει ειδικό πλοηγητή

Δ) να μπορεί να ρυθμίζεται ώστε να υποστηρίζει πολλαπλούς μηχανισμούς προσθετικής αξίας στη λογική των εφαρμογών

Ε) να προσφέρει λειτουργίες που ικανοποιούν τις ιδιαίτερες ανάγκες των εκπαιδευτικών περιβαλλόντων όπως για παράδειγμα η καταγραφή πολλαπλών ενεργειών μέσα σε μια ιστοσελίδα.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ-ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ

Τα γεγονότα της διεπαφής αποτελούν το μηχανισμό της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με τον υπολογιστή σε παραθυρικά περιβάλλοντα. Τα γεγονότα προκαλούνται από τους χρήστες έτσι ώστε να εκκινήθούν διαδικασίες από το σύστημα που ανταποκρίνονται στις εκάστοτε επιθυμίες τους. Συνδέονται με διαδικασίες-χειριστές, τμήματα δηλαδή κώδικα που εκτελούνται ως αντίδραση του συστήματος στην εμφάνισή τους. Υπολογιστικά, στις διαδικτυακές εφαρμογές, κάθε γεγονός αποτελεί από μόνο του μια δομή δεδομένων που περιλαμβάνει πληροφορίες όπως η θέση πρόκλησης του γεγονότος, το αντικείμενο ενεργοποίησης, ο τύπος του γεγονότος κτλ. Όπως είναι φυσικό η παρακολούθηση των γεγονότων είναι η πρώτη εναλλακτική στην παρακολούθηση διαδικτυακών εφαρμογών. Οι υπάρχουσες εφαρμογές παρακολούθησης χρησιμοποιούν τεχνικές καταγραφής των γεγονότων με στόχους συνήθως την αποτίμηση της ευχρηστίας ενός ιστοχώρου (Scholtz, 1998), την εξαγωγή δεικτών ενδιαφέροντος για το παρουσιαζόμενο περιεχόμενο (Claypool, 2001), την ανίχνευση μοτίβων συμπεριφοράς των χρηστών (Card, 2001) κτλ. Παρότι οι γενικοί στόχοι της καταγραφής είναι παρόμοιοι έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές υλοποίησής της. Για παράδειγμα, η εφαρμογή WebVip (Scholtz, 1998) καταγράφει την αλληλεπίδραση του χρήστη με στοιχεία του πλοηγητή αλλά και της κάθε ιστοσελίδας απαιτώντας την εισαγωγή συναρτήσεων χειριστών για κάθε στοιχείο που θέλουμε να παρακολουθήσουμε. Με την εφαρμογή WET (Etgen, 1999) μπορούν να καταγραφούν μια σειρά από προκαθορισμένα γεγονότα (π.χ. κλικ ποντικίου, κίνηση μαπρών κύλησης) με την κλήση μιας JavaScript βιβλιοθήκης σε κάθε μελετούμενη ιστοσελίδα. Το RemUSINE (Paganelli, 2002) βασίζει τη λειτουργία του σε δυο πλαίσια (frames) του πλοηγητή. Το ένα πλαίσιο εμφανίζει τις ιστοσελίδες

που επιλέγει ο χρήστης και το άλλο περιέχει μια ιστοσελίδα που αναλαμβάνει να ορίσει συναρτήσεις-χειριστές για γεγονότα που συμβαίνουν στο πρώτο πλαίσιο ενώ ένα Java Applet διεκπεραιώνει την αποθήκευση των δεδομένων καταγραφής στον εξυπηρέτη. Η εφαρμογή WebLogger (Reeder, 2000) είναι μια αυτόνομη εφαρμογή που παρακολουθεί γεγονότα που προκαλούνται από τον χρήστη χρησιμοποιώντας μια COM διασύνδεση με τον πλοηγητή (MS Internet Explorer). Τέλος η εφαρμογή WebQuilt (Hong, 2001) λειτουργεί ως ενδιάμεσος εξυπηρέτης στις αιτήσεις των χρηστών για ένα προκαθορισμένο ιστοχώρο αφού πρώτα αυτή λαμβάνει τις ιστοσελίδες, και στη συνέχεια τις επεξεργάζεται έτσι ώστε να προσδιορίσει τα γεγονότα που θα παρακολουθήσει και να επανακατευθύνει όλους τους συνδέσμους της μέσα από τον εξυπηρέτη που είναι εγκατεστημένη έτσι ώστε να συνεχίσει διατηρεί το ρόλο του διαμεσολαβητή.

Όλες οι προηγούμενες αναφορές δεν χρησιμοποιούν στους καταγραφικούς και αναλυτικούς τους μηχανισμούς κάποια επιπλέον γνώση για τις υπηρεσίες, την λειτουργία και τη δομή του ιστοχώρου υπό παρακολούθηση – πέρα από αυτή των υπερσυνδέσμων. Για το λόγο αυτό, κάθε προσπάθειά τους για την κατανόηση των εμπειριών και των συνηθειών των χρηστών θεμελιώνεται κυρίως είτε σε σύγκριση με συμπεριφορικά μοντέλα αναφοράς είτε με την ανάπτυξη μαθηματικών συσχετίσεων. Ταυτόχρονα υποθέτουν ότι η ανάπτυξη των ιστοσελίδων γίνεται με τη χρήση μόνο των βασικών χαρακτηριστικών των προγραμματιστικών γλωσσών ανάπτυξης ιστοσελίδων (DHTML και Javascript). Οι συγκεκριμένες γλώσσες όμως σε συνδυασμό με τις επεκτάσεις τους στους σύγχρονους πλοηγητές επιτρέπουν την ανάπτυξη σύνθετων αλληλεπιδραστικών αντικειμένων που ακυρώνουν τις λογικές παρακολούθησης των εφαρμογών που αναφέρθηκαν. Μια ιστοσελίδα μπορεί να αποτελέσει πλέον αυτόνομη εφαρμογή, παρέχοντας πολλαπλές υπηρεσίες χωρίς την απαίτηση επικοινωνίας με τον εξυπηρέτη όπως συμβαίνει με την εφαρμογή ACT που έχουμε αναπτύξει στο εργαστήριό μας (Palaiogeorgiou, 2002).

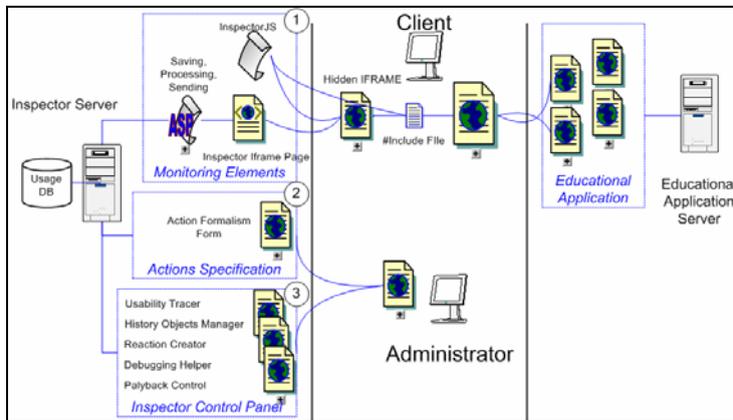
Η εναλλακτική προσέγγιση που προτείνουμε περιλαμβάνει (α) την παρακολούθηση των συναρτήσεων-χειριστών των γεγονότων (β) με την παράλληλη χρήση φορμαλισμού σημασιολογικής γνώσης για την περιγραφή της λογικής και ερμηνείας των υπηρεσιών που προσφέρονται:

A) Στην περίπτωση που παρακολουθούμε τις συναρτήσεις χειριστές, αποκτούμε πρόσβαση και σε δεδομένα που είναι ανεξάρτητα από το γεγονός και συντελούν σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίηση της συγκεκριμένης λειτουργίας της εφαρμογής, όπως στην περίπτωση παραμέτρων της συνάρτησης, καθολικών μεταβλητών στη σελίδα κτλ (καταγράφοντας επιπρόσθετα τη δομή του γεγονότος). Ταυτόχρονα, η προσάρτηση ολόκληρου του συστήματος γίνεται ευκολότερη αφού αποφεύγεται η εξαντλητική παρακολούθηση γεγονότων που μπορεί να ενεργοποιήσουν μια λειτουργία της εφαρμογής. Η διαδικασία παρακολούθησης γίνεται περισσότερο φυσική και κατανοητή μιας και ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι καλεί υπηρεσίες της εφαρμογής και όχι ότι πυροδοτεί γεγονότα που θα έχουν ως επακόλουθο την εξυπηρέτησή του.

B) Παρέχοντας στο σύστημα παρακολούθησης αφενός πληροφορίες για τις ενέργειες που θα καταγράψει και τις συσχετίσεις μεταξύ τους και αφετέρου ένα πλαίσιο για τη καταγραφή συμπληρωματικών στοιχείων, η ανίχνευση και εξερεύνηση του ρεύματος δεδομένων γίνεται πλουσιότερη σημασιολογικά. Βέβαια μετατρέπεται με τον τρόπο αυτό, η παρακολούθηση των ενεργειών σε ημι-αυτόνομη διαδικασία της οποίας τα αποτελέσματα εξαρτώνται και από την δημιουργικότητα του διαχειριστή στη χρήση των εργαλείων του WebInspector για την περιγραφή της λειτουργίας της εφαρμογής.

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ WEBINSPECTOR

Η εισαγωγή του υποσυστήματος WebInspector σε υπάρχουσες διαδικτυακές εφαρμογές πραγματοποιείται με τα ακόλουθα βήματα:



Σχήμα 1: Μηχανισμός λειτουργίας της εφαρμογής

1) Σε κάθε ιστοσελίδα της διαδικτυακής εφαρμογής συμβαίνουν οι επόμενες ενημερώσεις:

- Προσθήκη τμήματος κώδικα (DHTML, Javascript) που το υποσύστημα απαιτεί για τη λειτουργία του και το οποίο είναι κοινό για όλες τις ιστοσελίδες. Ο κώδικας είναι αποθηκευμένος σε εξωτερικό αρχείο ("include.inc") και εισάγεται με κλήση κατάλληλης συνάρτησης εισαγωγής εξωτερικού αρχείου σε ιστοσελίδες ανάλογα με το διαδικτυακό εξυπηρέτη (π.χ. για τον MS Internet Information Server η συνάρτηση «include»). Πραγματοποιεί τέσσερις λειτουργίες: (α) Την εισαγωγή ενός κρυμμένου iframe στοιχείου που «δείχνει» σε ιστοσελίδα του εξυπηρέτη του WebInspector. Η ιστοσελίδα αυτή ανακαλεί τα δεδομένα που είναι κατάλληλα για τη συνέχιση της παρακολούθησης των ενεργειών με βάση τη σελίδα που την περιέχει (ιστοσελίδα-γονιός) ενώ αναλαμβάνει την επεξεργασία και την επικοινωνία των δεδομένων που συλλέγονται με τον εξυπηρέτη του WebInspector. (β) Την κλήση Javascript βιβλιοθήκης του υποσυστήματος που περιλαμβάνει τις συναρτήσεις που θα χρησιμοποιήσει ο προγραμματιστής για την εισαγωγή εγγράφων στο ρεύμα καταγραφόμενων δεδομένων. (γ) Την κλήση της συνάρτησης InitWebInspector για την αρχικοποίηση του συστήματος με τη φόρτωση της σελίδας. (δ) Τον υπερκερασμό προκαθορισμένων συμπεριφορών των πλοηγικών όπως οι υπερσύνδεσμοι, το κουμπί submit σε φόρμες κτλ. Επομένως, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, ο χρήστης ουσιαστικά ζητά ιστοσελίδες από τον εξυπηρέτη της εκπαιδευτικής εφαρμογής αλλά κάθε μια από αυτές περιέχει επιπλέον μια κρυμμένη ιστοσελίδα που προέρχεται από τον εξυπηρέτη του WebInspector. Η κρυμμένη ιστοσελίδα επιτελεί όλες τις απαραίτητες λειτουργίες για το υποσύστημα παρακολούθησης. Η κρυμμένη ιστοσελίδα στέλνει το ρεύμα καταγραφόμενων δεδομένων στον εξυπηρέτη WebInspector πριν κάθε αλλαγή σελίδας της εκπαιδευτικής εφαρμογής.
- Προσθήκη κλήσης της συνάρτησης Monitor στις συναρτήσεις-χειριστές των υπηρεσιών της διεπαφής. Πρέπει να τονιστεί ότι το υποσύστημα μπορεί να λειτουργήσει και με την κλήση της Monitor μόνο από συναρτήσεις-χειριστές που μας ενδιαφέρουν. Σε αυτές τις περιπτώσεις όμως κάποιες από τις προσφερόμενες υπηρεσίες μπορεί να θεθούν εκτός λειτουργίας (π.χ. υπηρεσία αναπαραγωγής ενεργειών).

B) Σημασιολογική και λειτουργική περιγραφή δομής της εκπαιδευτικής εφαρμογής:

- Έχουμε αναπτύξει *φορμαλισμό για τη περιγραφή των πραγματικών και νοητών ενεργειών του χρήστη*. Οι «πραγματικές» ενέργειες αντιστοιχίζονται στις συναρτήσεις-χειριστές της

διαπαφής που περιέχουν τη συνάρτηση Monitor ενώ οι «νοητές» αποτελούν περιγραφές υπονοουμένων ενεργειών του χρήστη που εξάγονται από εμφανίσεις συνδυασμών «πραγματικών ενεργειών». Ο φορμαλισμός αυτός αποτελεί τον πυρήνα του υποσυστήματος WebInspector και περιγράφεται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.

- Γ) Χρήση διαχειριστικών λειτουργιών για τη ρύθμιση των χαρακτηριστικών της παρακολούθησης:
- το υποσύστημα WebInspector υποστηρίζεται από μια ομάδα διαδικτυακών μικρο-εφαρμογών (Usability Tracer, Playback Control, History Objects Manager, Reaction Creator, Debugging Helper) που επιτρέπουν στους διαχειριστές της εφαρμογής να ελέγχουν τις επιλογές που προσφέρονται για τη ρύθμιση της διαδικασίας παρακολούθησης και των υπηρεσιών που εμπεριέχονται.

ΔΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ

Η περιγραφή νοητών και πραγματικών ενεργειών αποτελείται από τριών ειδών στοιχεία:

- *στατικά δεδομένα* που αποτελούν ιδιότητες της ενέργειας και συμπληρώνονται κατά τη δήλωσή τους,
- *δυναμικές περιγραφές δεδομένων* που συλλέγονται κατά τη στιγμή που η ενέργεια πραγματοποιείται από το χρήστη – τα δεδομένα αυτά συμπληρώνουν την εγγραφή της εκδήλωσης της ενέργειας στο ρεύμα δεδομένων,
- *δυναμικές περιγραφές δραστηριοτήτων* που ενεργοποιούνται από το υποσύστημα WebInspector λόγω της πραγματοποίησης της συγκεκριμένης ενέργειας.

Η δομή των ενεργειών αποτελείται από τα εξής επίπεδα:

Ερμηνευτικό επίπεδο περιγραφής

Στο ερμηνευτικό επίπεδο περιγραφής των ενεργειών, ο διαχειριστής της εκπαιδευτικής εφαρμογής καλείται να περιγράψει μηχανισμούς εξήγησης της χρήσης ενεργειών μεμονωμένα αλλά και μέσα σε μοτίβα συμπεριφορών. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στη θεώρηση του αλληλεπιδραστικού πρωτοκόλλου ως ρεύματος δεδομένων που περιέχει πολλαπλά επίπεδα ερμηνειών για το τι συμβαίνει τη στιγμή που πραγματοποιούνται οι ενέργειες στο περιβάλλον (Hilbert, 2000). Με τον τρόπο αυτό, γεγονότα πλοήγησης του χρήστη στο ηλεκτρονικό βιβλίο της εφαρμογής μπορούν να συνδεθούν ιεραρχικά με τις ερμηνείες «πρόσβαση στη σελίδα 4»-«μελέτη σελίδας 4»-«μελέτη ηλεκτρονικού βιβλίου» εφόσον φυσικά ικανοποιούνται οι συνθήκες που θέτει ο διαχειριστής. Οι ερμηνείες που εξάγονται εισάγονται στο ρεύμα δεδομένων του αλληλεπιδραστικού πρωτοκόλλου και τα νέα αυτά προϊόντα αποτελούν «υπονοούμενες» ενέργειες των χρηστών που πρέπει με τη σειρά τους να δηλωθούν ως νοητές ενέργειες της εκπαιδευτικής εφαρμογής. Το ερμηνευτικό επίπεδο περιγραφής οδηγεί στην αυτοματοποίηση αφαιρετικών ιεραρχικών αναλύσεων των ενεργειών και των στόχων των χρηστών λαμβάνοντας υπόψη το συγκεκριμένο περιβάλλον εμφάνισής τους.

```
.hermeneutic layer {  
  { asynchronous: [t/f] }  
  { default: symbolic representation: [symbol, parameters] & description:[active expression] }  
  { IF (appearance pattern: [pattern]) THEN symbolic representation: [symbol, parameters] &  
    description: [active expression] }+  
  { IF (appearance pattern: [pattern]) THEN create new action: [symbol, parameters] }+  
  { IF (diachronic: [t/f]) THEN diachronic actions group: [symbolic representations] }
```

Σχήμα 2: Ερμηνευτικό επίπεδο περιγραφής

Η πρώτη ιδιότητα του ερμηνευτικού επιπέδου προσδιορίζει αν περαιτέρω ερμηνευτική ανάλυση της συγκεκριμένης ενέργειας απαιτείται να γίνει στον εξυπηρέτη λόγω χρησιμοποίησης

δεδομένων που δεν βρίσκονται στο ρεύμα δεδομένων της συγκεκριμένης ενότητας χρήσης της εφαρμογής. Έτσι για παράδειγμα, η αποστολή ενός μηνύματος σε ένα discussion group παρουσιάζει επιπλέον ενδιαφέρον ανάλυσης για την κατανόηση των ηλεκτρονικών κοινωνικών αλληλεπιδράσεων των μαθητευόμενων αλλά απαιτεί την εξαγωγή στοιχείων από τη βάση δεδομένων UsageDB για ενέργειες από ενότητες χρήσης άλλων χρηστών και άλλων χρονικών στιγμών και επομένως θα χαρακτηριζόταν ως ασύγχρονη.

Η δεύτερη ιδιότητα εξασφαλίζει ότι η μορφοποίηση της καταγραφής του ρεύματος ενεργειών-ερμηνειών θα παραμείνει ομοιογενής και σύμφωνη με ένα πρότυπο συμβολισμών που αναπτύσσει ο διαχειριστής της εφαρμογής. Έτσι για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να δηλώσει για την ενέργεια «αναζήτηση» με παράμετρο τη λέξη κλειδί «educational» το συμβολισμό “search(‘educational’)” και να περιγράψει περιφραστικά την ενέργεια ως «ο χρήστης αναζήτησε στη βάση δεδομένων με τη λέξη κλειδί \$par1». Ο συμβολισμός αυτός εισάγεται σε ένα λεξικό ενεργειών και χρησιμοποιείται από τη γλώσσα περιγραφής ερωτήσεων του UsabilityTracer.

Η τρίτη δήλωση προσπαθεί να εξασφαλίσει ότι η αναγνώριση του γεγονότος μέσα σε διαφορετικά μοτίβα μπορεί να αποδώσει και διαφορετικές ερμηνείες στο γεγονός αυτό αντικαθιστώντας την προκαθορισμένη. Όταν επομένως ο χρήστης σε ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης περνάει από την μια ερώτηση στην άλλη σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, τότε η ερμηνεία «μέλετη ερώτησης X» μπορεί να αντικατασταθεί από την ερμηνεία «σύντομη πλοήγηση στην ερώτηση X».

Η τέταρτη δήλωση είναι αυτή που επιτρέπει τη δημιουργία νοητών ενεργειών που δεν προκλήθηκαν από γεγονότα που πυροδοτήθηκαν από το χρήστη αλλά από την ανάλυση των μοτίβων συμπεριφοράς του. Με βάση τη τεχνική αυτή, όταν ο χρήστης μαρκάρει τμήμα κειμένου από το ηλεκτρονικό βιβλίο, πέρα από την καταγραφή ενέργειας μαρκαρίσματος, μπορούμε να προκαλέσουμε τη δημιουργία νέας νοητής ενέργειας που τονίζει το ενδιαφέρον του χρήστη στην συγκεκριμένη υποενότητα μελέτης. Ουσιαστικά η δημιουργία νέων νοητών ενεργειών μέσα από την αναγνώριση μοτίβων άλλων ενεργειών είναι αυτή που επιτρέπει την ανάπτυξη ερμηνειών πολλαπλών επιπέδων. Οι νοητές ενέργειες πρέπει να είναι με τη σειρά τους να δηλώνονται και να περιγράφονται από το συγκεκριμένο φορμαλισμό περιγραφής. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να προκαλούν και αυτές τη δημιουργία άλλων υψηλότερου επιπέδου νοητών ενεργειών.

Μια ενέργεια επίσης είναι δυνατό να χαρακτηριστεί ως διαχρονική όταν η ερμηνεία της περιγράφει μια κατάσταση που διατηρείται όσο συμβαίνουν ενέργειες που ερμηνευτικά είναι περιεχόμενες της. Έτσι για παράδειγμα όταν ένας μαθητευόμενος πλοηγείται σε μια ιστοσελίδα που περιέχει πολλαπλές ενότητες κειμένου προφορτωμένες, τότε οι ενέργειες «Επόμενη σελίδα, προηγούμενη σελίδα» κτλ. εντάσσονται μέσα στην νοητική ενέργεια «Μελέτη ηλεκτρονικού βιβλίου».

Λειτουργικό επίπεδο περιγραφής

Στο λειτουργικό επίπεδο περιγραφής των ενεργειών, δηλώνονται οι ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τη λειτουργικότητα της συνάρτησης-χειριστή – αν η ενέργεια είναι νοητή τότε συμπληρώνονται μόνο οι ιδιότητες που μπορούν να αποδοθούν σε νοητές ενέργειες.

Η πρώτη ιδιότητα μας προτρέπει να προσδιορίσουμε τις παραμέτρους που χρησιμοποιεί η συνάρτηση-χειριστή και την περιγραφή του ρόλου τους. Γνωρίζοντας κατά την καταγραφή των ενεργειών, ποιες επιπλέον μεταβλητές πρέπει να αποθηκεύσουμε, τον τύπο τους αλλά και την εξήγησή τους, διευκολύνουμε τη συνολική λειτουργικότητα του συστήματος. Είναι προφανές για παράδειγμα, ότι οι τιμές αυτές είναι απαραίτητες για οποιαδήποτε προσπάθεια αναπαραγωγής των κινήσεων του χρήστη.

Δεύτερη ιδιότητα αποτελεί η ταυτότητα της σελίδας μέσα στην οποία ανήκει η συνάρτηση. Έχοντας αυτή τη γνώση, το υποσύστημα εξασφαλίζει ότι κάθε ιστοσελίδα της εκπαιδευτικής εφαρμογής, περιέχει μέσα στο κρυμμένο της στοιχείο IFRAME, τη δομή περιγραφής κάθε

ενέργειας που είναι δυνατόν να κληθεί σε αυτήν. Η δομή χρησιμοποιείται για τη συλλογή των κατάλληλων δεδομένων καταγραφής αλλά και για την αποτίμηση των δυναμικών στελεχών της.

Οι ενέργειες επίσης διαχωρίζονται ανάλογα με τον αν προκαλούν την φόρτωση μιας άλλης σελίδας στο τρέχον παράθυρο του πλοηγητή (εξωτερικές) ή παράγουν μια λειτουργία μέσα στην ίδια σελίδα (εσωτερικές). Η αποστολή και αποθήκευση του ρεύματος δεδομένων πραγματοποιείται πάντα πριν την εκτέλεση εξωτερικών συναρτήσεων.

Σημαντική ιδιότητα είναι η έκδοση της ενέργειας υπό παρακολούθηση. Σε ένα διαδικτυακό σύστημα πρέπει να προβλέπεται η συνεχής εξέλιξη της εφαρμογής λόγω γρήγορων τεχνολογικών καινοτομιών αλλά και συνεχώς νέων αναγκών. Έχοντας γνώση της τρέχουσας έκδοσης μιας συνάρτησης χειριστή μπορούμε να ελέγξουμε αν τα ιστορικά δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί και τα οποία φέρουν στίγμα έκδοσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις αναλύσεις μας.

Τέλος ο διαχειριστής της εκπαιδευτικής εφαρμογής μπορεί να δηλώσει προγραμματιστικές μεταβλητές που θέλει να αποθηκευτούν κατά την κλήση της συγκεκριμένης ενέργειας-συνάρτησης. Οι μεταβλητές αυτές είναι ανάγκη να είναι προσβάσιμες από τη συνάρτηση-χειριστή της ενέργειας και χρησιμοποιούνται συνήθως για λόγους αποσφαλμάτωσης

.operational layer:

```
{ function parameters: [param, description] }
{ page identity: [pageid] * }
{ type: [internal / external] }
{ version: [ver] }
{ window object: [type(frame, dialog, popup...), access pointer] }
{ watching variables: [variable, description]* }
```

Σχήμα 3: Λειτουργικό επίπεδο περιγραφής

Περιγραφή αντικειμένων διεπαφής με εξελικτικό χαρακτήρα

Οι ενέργειες μπορούν να θεωρηθούν ως δράσεις προς ή με τη χρήση αντικειμένων της διεπαφής. Τα αντικείμενα αυτά, όπως για παράδειγμα ένα απλό πεδίο κειμένου, τις περισσότερες φορές δεν συγκρατούν το ιστορικό των ενεργειών που τα περιελάμβαναν ως μέσο (π.χ. σε μια αναζήτηση) ή ως στόχο (π.χ. κατά την συγγραφή σημειώσεων). Σε αντίθεση με τα ψηφιακά αντικείμενα, τα φυσικά αντικείμενα συνήθως διατηρούν το ιστορικό των αλληλεπιδράσεών τους με τους ανθρώπους είτε με άμεσους τρόπους, όπως π.χ. οι σημειώσεις στο τετράδιο παραμένου στο ίδιο σημείο, με τον ίδιο γραφικό χαρακτήρα και πιθανότατα με ένα στίγμα καφέ και επιτρέπουν την ανάκληση λογικών και συναισθηματικών χαρακτηριστικών της προηγούμενης περίπτωσης, είτε με έμμεσους τρόπους όπως η φυσική φθορά τους. Η αρχική ιδέα των εμπλουτισμένων με το ιστορικό της αλληλεπίδρασης ψηφιακών αντικειμένων (Hill, 1993), επεκτάθηκε σε ένα θεωρητικό πλαίσιο που οργανώνει τις ιδιότητες ενός ιστορικού αλληλεπίδρασης (Wexelblat, 1999). Ένα σύστημα παρακολούθησης μέσα από αυτή την εκτεταμένη περιγραφή των ενεργειών μπορεί να αποθηκεύει ίχνη χρήσης αντικειμένων που στη συνέχεια θα παρουσιάζονται στους χρήστες με βάση τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων του ιστορικού αλληλεπίδρασης με το αντικείμενο. Το αντικείμενο πρέπει να έχει διακριτικό χαρακτηριστικό (ID), το οποίο δηλώνεται σε συνδυασμό με τον τύπο του εξελικτικού χαρακτήρα που θέλουμε να έχει η αλληλεπίδραση. Ο διαχειριστής καθορίζει τις παραμέτρους αρχικοποίησης της παρουσίας του αντικειμένου. Το υποσύστημα History Object Manager προσφέρει συγκεκριμένους τύπους ενσωμάτωσης του ιστορικού αλληλεπίδρασης των αντικειμένων που αντιστοιχούν μόνο σε ορισμένους τύπους HTML αντικειμένων.

Η δήλωση αντικειμένων με ιστορικό αλληλεπίδρασης προκαλεί την αυτόματη προσάρτηση συναρτήσεων χειριστών στα διάφορα γεγονότα που μπορούν να αλλάξουν το περιεχόμενο ή τη μορφή τους μέσα στις ιστοσελίδες που παρουσιάζονται. Ταυτόχρονα, από τη βάση δεδομένων του WebInspector, αποθηκεύονται με τη φόρτωση της κρυμμένης ιστοσελίδας, όλα τα δεδομένα του

ιστορικού αλληλεπίδρασης που σχετίζονται με τα ψηφιακά αντικείμενα που περιέχονται στην ιστοσελίδα-γονιό

```
.evolutionary objects layer:  
{ object identifier: [object id, type] }  
{ evolutionary effects: [type, lifetime, constraints] }
```

Σχήμα 4: Επίπεδο περιγραφής αντικειμένων με εξελικτικό χαρακτήρα εμφάνισης

Επίπεδο περιγραφής αντιδραστικών σεναρίων

Είτε σε περιστάσεις αποτίμησης της ευχρηστίας, είτε για γνωστικούς λόγους σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, είτε σε συστήματα αυτόματης βοήθειας, ορισμένες φορές θέλουμε να διακόψουμε την φυσιολογική ροή μιας εφαρμογής όταν ανιχνεύσουμε μοτίβα συμπεριφορών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέγει να μετακινηθεί σε μια ιστοσελίδα συζήτησης διαρκώς μέσα από επιλογή μενού, ενώ υπάρχει κουμπί σε εύκολα προσβάσιμη μπάρα εργαλείων, τότε ένας αξιολογητής της διεπαφής, θα ήθελε να ρωτήσει το χρήστη τη στιγμή που επιλέγει τη μετακίνησή του, αν γνωρίζει για την ύπαρξη της μπάρας εργαλείων (Hartson, 1996). Ο διαχειριστής της εφαρμογής μπορεί να ορίσει μοτίβα ενεργειών που προκαλούν με τον εντοπισμό τους σεναρία αλληλεπίδρασης του χρήστη με πράκτορες διεπαφής. Η εφαρμογή Reaction Creator περιλαμβάνει ένα εργαλείο παρουσιάσεων με πράκτορες διεπαφής που είναι μικρογραφία του συγγραφικού εργαλείου ACT (Palaiogeorgiou, 2002). Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι το αντιδραστικό σενάριο μπορεί να περιλαμβάνει με δυναμικό τρόπο, στοιχεία από την τρέχουσα αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή. Το γεγονός αυτό αυξάνει τη φυσικότητα συγκερασμού του αντιδραστικού σεναρίου με την υποκείμενη εφαρμογή

```
.reactions layer  
{ IF (appearance pattern:[pattern]) THEN UAgentReaction: [scenario code] }
```

Σχήμα 5: Επίπεδο περιγραφής αντιδραστικών σεναρίων

Συμπερασματικά το ρεύμα καταγραφόμενων δεδομένων δεν περιέχει μόνο ενέργειες που προκλήθηκαν από την πυροδότηση γεγονότων από τους χρήστες αλλά και ενέργειες που εισάγονται από την *μηχανή ανάλυσης* της δήλωσης των ενεργειών αυτών. Η μηχανή ανάλυσης βρίσκεται μέσα στη κρυμμένη ιστοσελίδα και χρησιμοποιεί αυτές τις σύνθετες περιγραφές για να διαμορφώνει κατάλληλα τα δεδομένα παρακολούθησης και να υλοποιεί όλες εκείνες τις πρωτοβουλίες που χρειάζονται για την υλοποίηση όλων των υπηρεσιών. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της διαμορφώνονται από τις μικρο-εφαρμογές διαχείρισης.

Η γλώσσα περιγραφής των μοτίβων ακολουθεί υλοποιήσεις παρόμοιων εφαρμογών (Fisher, 1996) αν και η συγκεκριμένη μορφοποίηση του ρεύματος δεδομένων ευνοεί την αναπτύξη νέων τελεστών για την έκφραση ερωτημάτων.

ΣΥΝΟΨΗ

Τα δεδομένα των μηχανισμών παρακολούθησης της αλληλεπίδρασης των χρηστών με τις εφαρμογές, είναι τα μοναδικά στοιχεία των «αντιληπτικών μηχανισμών» των υπολογιστών. Ιδιαίτερα στην περίπτωση των εκπαιδευτικών εφαρμογών που επιδιώκεται έντονα η εξερεύνηση των ενεργειών των χρηστών, ο πλουραλισμός στην εκφραστικότητα του αλληλεπιδραστικού πρωτοκόλλου μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των εφαρμογών αυτών.

Προτείνουμε ένα πλαίσιο καταγραφής των γεγονότων που βασίζεται στην καταχώρηση σημασιολογικών πληροφοριών για τη λειτουργικότητα της εκάστοτε εφαρμογής. Οι επιπλέον

σημασιολογικές πληροφορίες, μεγάλωνουν τα ερμηνευτικά περιθώρια και δίνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης επιπλέον ανεξάρτητων υπηρεσιών.

Η εφαρμογή που περιγράφηκε έχει αναπτυχθεί πιλοτικά σε μικρή πειραματική εφαρμογή και βρίσκεται σε φάση ενσωμάτωσής της σε ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό περιβάλλον.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τη Στέλλα Καλύβα, για την πολύτιμη βοήθειά της κατά την ανάπτυξη της πιλοτικής εφαρμογής, στα πλαίσια της διπλωματικής της εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bates P. (1995), Debugging Heterogeneous Distributed Systems Using Event-Based Models of Behavior, *ACM Transactions on Computer Systems*, 13(1), 1-31
- Card S. K., Pirolli P., Wege M. (2001), Information Scent as a Driver of Web Behavior Graphs: Results of a protocol Analysis Method for Web Usability, *Proceedings of SIGCHI'01*, ACM Press.
- Claypool M., Phong L., Wased M., Brown D. (2001), Implicit Interest Indicators, *Proceedings of IUI'02*, ACM Press
- Etgen M., Cantor J. (1999), What does getting WET (WebEventloggingTool) mean for web usability?, *Proceedings of HFWeb'99* (URL: <http://zing.ncsl.nist.gov/hfweb/proceedings/etgen-cantor/index.html>)
- Fisher C., Sanderson P., (1996), Exploratory Sequential Data Analysis: Exploring Continuous Observational Data, *Interactions*, March 1996
- Hartson H., Castillo J., Kelso J., Neale W. (1996), Remote Evaluation: The network as an Extension of the Usability Laboratory, *Proceedings of CHI'96*, ACM Press
- Hilbert D., Redmiles D., (1998) Agents for Collecting Application Usage Data Over the Internet, *Proceedings of Autonomous Agents '98*, ACM Press
- Hilbert D., Redmiles D. (2000) Extracting Usability Information from User Interface Events, *ACM Computing Surveys*, 32(4), 384-421
- Hill W., Hollan J., (1993), History-Enriched Digital Objects, *Third Conference on Computers Freedom and Privacy, Computer Professionals for Social Responsibility – CPSR* (URL: <http://www.cpsr.org/conferences/cfp93/hill-hollan.html>)
- Hong J., Heer J., Waterson S., Landay J. (2001), WebQuilt: A Proxy-based Approach to Remote Web Usability Testing, *ACM Transactions on Information Systems*, 19(3), 263-285
- Ivory M., Hearst M. (2001), The state of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces, *ACM Computing Surveys*, 33(4), 470-516
- Palaigeorgiou G., Korbetis A., Siozos P., Tsoukalas I. (2002), ACT: Acting Cartoons for Trainers' Presentations, *Proceedings of EDMEDIA 2002*, AACE
- Paganelli L., Paterno F. (2002), Intelligent Analysis of User Interactions with Web Applications, *Proceedings of IUI'02*, ACM Press
- Plaisant C., Rose A., Rubloff G., Salter R., Shneiderman B. (1999), The design of history mechanisms and their use in Collaborative Educational Simulations, *HCIL Technical Report No. 99* (URL:<http://www.cs.umd.edu/hcil>)
- Reeder R., Pirolli P., Card S. K. (2000), WebLogger: A data collections tools for Web-use studies, *UIR Technical Report UIR-R-2000-06*, Xerox PARC
- Scholtz J., Laskowski S., Downey L. (1998) Developing Usability tools and techniques for designing and testing web sites, *Proceedings of HFWeb'98* (URL: <http://www.research.att.com/conf/hfweb/proceedings/scholtz/index.html>)
- Wexelblat, Maes P. (1999), Footprints: History-Rich Tools for Information Foraging, *Proceedings of CHI'99*, ACM Press