
Συγκριτική αξιολόγηση για τον χειρισμό έξυπνου φωτισμού για open plan offices

Κικαρία Ευαγγελία, Μαράτου Αλκμήνη, Μωραΐτη Κωσταντίνια

Studio 7a: Σχεδίαση Διαδραστικών Συστημάτων
Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων



Περίληψη

Η εργασία παρουσιάζει μια συγκριτική αξιολόγηση για τον έξυπνο φωτισμό σε open plan offices, διαμέσου μιας απτής διεπαφής χρήστη και γραφικής διεπαφής χρήστη. Τα 3 βασικά στάδια του project για να πραγματοποιηθεί ήταν τα εξής, έρευνα, σχεδίαση και αξιολόγηση. Η έρευνα περιλάμβανε επιτόπια παρατήρηση σε εργασιακούς χώρους και συνεντεύξεις με τα άτομα που εργάζονται σε αυτά και desktop research γύρω από τον έξυπνο φωτισμό και τις τεχνολογίες. Το στάδιο της σχεδίασης περιλάμβανε την σχεδίαση της απτής και γραφικής διεπαφής χρήστη καθώς και την πρωτοτυποποίηση τους. Τέλος η εργασία ολοκληρώθηκε με τη συγκριτική αξιολόγηση των πρωτοτύπων που κατασκευάστηκαν σε εργαστηριακό πλαίσιο και στο περιβάλλον των τελικών χρηστών. Τα αποτελέσματα των αξιολογήσεων αυτών οδήγησαν σε σχεδιαστικές προτάσεις για την βελτίωση του project.

Λέξεις-κλειδιά

Smart Light, Token, Arduino, Tangible User Interface, Graphical User Interfaces, Openhab, raspberry, συγκριτική αξιολόγηση

Εισαγωγή

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι όλο το περιβάλλον γύρω μας , όπως το σπίτι μας , ο χώρος που εργαζόμαστε γίνονται χώροι με περισσότερες διαδράσεις για να ανταποκρίνονται στις ανάγκες μας. Οι έξυπνες συσκευές και τα Internet of things (IoT) προσπαθούν να μας κεντρίσουν την προσοχή καθημερινά. Πολλές από αυτές τις συσκευές επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το φωτισμό[5]. Τα σύγχρονα συστήματα φωτισμού μας προσφέρουν νέες ευκαιρίες σε σχέση με τα παλαιότερα χρόνια. Αυτές οι ευκαιρίες οφείλονται στην αύξηση της ποικιλίας των τεχνολογιών .Επιτρέποντας στους ανθρώπους να επωφεληθούν από τις δυνατότητες τέτοιων καινοτόμων συστημάτων φωτισμού, υπάρχει ανάγκη για νέες μεθόδους αλληλεπιδράσεων[5].

Από την εμφάνιση του ηλεκτρικού φωτισμού στα τέλη του 19ου αιώνα, ο διακόπτης φωτός ήταν το κυρίαρχο πρότυπο αλληλεπίδρασης. Σήμερα προσφέρεται μια μεγάλη γκάμα επιλογών στους ανθρώπους για την αλληλεπίδραση τους με το φωτισμό ξεκινώντας από γραφικές διεπαφές χρήστη μέχρι συσκευές αυτοματισμού που λειτουργούν με χειρονομίες των χρηστών και κινήσεις τους στον χώρο. Οι γραφικές διεπαφές έχουν πλέον εντυφώσει στην καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου καθώς ο αριθμός των χρηστών smartphone προβλέπεται να αυξηθεί από 2,1 δισεκατομμύρια το 2016 σε περίπου 2,5 δισεκατομμύρια το 2019, ενώ τα ποσοστά μαζικής παραγωγής των smartphone αυξάνονται[2].

Μεγάλο ενδιαφέρον έχει επίσης προκαλέσει η εμφάνιση των απτών διεπαφών χρήστη στην κοινότητα αλληλεπίδρασης ανθρώπου υπολογιστή . Ευρέως οι απτές διεπαφές χρήστη παρέχουν πληροφορίες φυσικής μορφής από ότι ψηφιακής.[8] Δηλαδή οι απτές διεπαφές χρήστη λειτουργούν ως φυσικές αναπαραστάσεις ψηφιακών δεδομένων και υπολογιστικών λειτουργιών. Επίσης ο χειρισμός αυτών των φυσικών αντικειμένων χρησιμοποιείται για την λειτουργία υπολογιστικών συστημάτων που τα υποστηρίζουν[4]. Η αποδοτικότητα των απτών διεπαφών χρήστη εξαρτάται από το πόσο καλά εκμεταλλεύονται οι άνθρωποι τη χωρικότητα όπως επίσης και από τις δεξιότητες που έχουν με τα αντικείμενα που χρησιμοποιούν[7].

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν υπάρχει αμφιβολία ότι όλο το περιβάλλον γύρω μας, όπως το σπίτι μας, ο χώρος που εργαζόμαστε μετατρέπονται σε χώρους με περισσότερες διαδράσεις για να ανταποκρίνονται στις ανάγκες μας. Ο φωτισμός είναι ένα μέρος της καθημερινότητας μας και πάντα θα χρησιμοποιείται σε εσωτερικούς χώρους με ανθρώπινη δραστηριότητα.

Μετά τη βιομηχανική επανάσταση οι δραστηριότητες του ανθρώπου διαμοιράζονται ιδανικά ως εξής μέσα στη μέρα, οι οκτώ ώρες είναι αφιερωμένες στην εργασία για τα προς το ζην, οκτώ ώρες αντίστοιχα για έναν ποιοτικό ύπνο και τέλος μένουν άλλες οκτώ ώρες για ψυχαγωγία, χαλάρωση ενασχόληση με οικογένεια και χόμπι [11].

Προφανώς αυτά τα δεδομένα δεν ισχύουν για όλες τις χώρες του πλανήτη καθώς μετρήσεις έχουν δείξει πως σε κάποιες ο χρόνος εργασίας είναι περισσότερος από 8 ώρες[6].

Ο μέσος εργαζόμενος ξοδεύει σχεδόν το ένα τέταρτο του χρόνου του στη δουλειά κατά τη διάρκεια μιας τυπικής πεντάχρονης απασχόλησης[10].



Figure 1: Philips hue E27 και bridge



Figure 2: IKEA Tradfri Lump LED E27 980 lumen και bridge

Χωρίς αμφιβολία λοιπόν, φαίνεται η ανάγκη βελτιστοποίησης των εργασιακών χώρων ανθρώπινης δραστηριότητας καθώς αποτελεί μεγάλο μέρος της καθημερινότητας του.

Οι συνθήκες φωτισμού κάτω από τις οποίες οι οφθαλμοί είναι αναγκασμένοι να λειτουργούν, έχουν μεγάλη επίδραση στην απόδοση των εργαζομένων [14].

Εκτός από τις κακές συνθήκες φωτισμού οπτική κόπωση μπορεί να προκαλέσουν οι υψηλές οπτικές απαιτήσεις ενός επαγγέλματος. Υψηλές οπτικές απαιτήσεις δημιουργούνται μεταξύ άλλων[15]

1. Στην εστίαση των οφθαλμών σε ένα σημείο του οπτικού πεδίου
2. Ανάγκη λήψη πολλών πληροφοριών σε σύντομο χρόνο
3. Παρατήρηση γραφικών αναπαραστάσεων με έντονα χρώματα

Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μείωση της κόπωσης του οπτικού συστήματος και των συνεπειών της πρέπει να αποτελεί επιδίωξη κάθε προσπάθειας βελτίωσης των συνθηκών εργασίας, είτε σε υπαρκτά είτε σε υπό σχεδίαση συστήματα εργασίας.

Η βελτιστοποίηση της ποιότητας φωτισμού στον χώρο εργασίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη σχεδίαση ενός συστήματος υψηλής τεχνολογίας το οποίο να ανταποκρίνεται και να προσαρμόζεται στις ανάγκες του εργαζομένου. Υπάρχουν δύο ενδεχόμενοι τρόποι επίλυσης των προβλημάτων του φωτισμού με νέες τεχνολογίες. Η πρώτη είναι η διαχείριση του εργαζομένου με γραφική διεπαφή και η δεύτερη είναι ο χειρισμός του φωτός από τον εργαζόμενο με απτή διεπαφή χρήστη.

Σε αυτό το paper θα παρουσιαστεί ο σχεδιασμός και η πρωτοτυποποίηση δυο συστημάτων διαχείρισης φωτισμού. Αυτά τα δύο συστήματα θα είναι μια γραφική διεπαφή και μια απτή διεπαφή χρήστη. Τέλος θα γίνει συγκριτική αξιολόγηση των δύο με στόχο την εύρεση της βέλτιστης διάδρασης του φωτισμού από τους εργαζομένους εν ώρα εργασίας.

Έξυπνος φωτισμός

Ο έξυπνος φωτισμός είναι ένα σύστημα που αρχικά σχεδιάστηκε για να αυξήσει την ενεργειακή απόδοση, προσαρμόζοντας την ένταση του φωτός σύμφωνα με διάφορες παραμέτρους (φυσικό φωτισμό, πληρότητα κτλ.). Ο έξυπνος φωτισμός είναι φωτισμός που μπορεί να ελεγχθεί διαμέσου μιας εφαρμογής, από έξυπνα τηλέφωνα[1].

Δομή εργασίας

Τα στάδια που ακολουθήθηκαν έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία ήταν τα εξής. Αρχικά, τις πρώτες πέντε εβδομάδες διήρκεσε το στάδιο της έρευνας, όπου ασχολήθηκε με την επιλογή του ερευνητικού πεδίου, την εύρεση τεχνολογιών και το απευθυνόμενο κοινό. Το επόμενο στάδιο της εργασίας ήταν αυτό της σχεδίασης, το οποίο διήρκεσε έντεκα εβδομάδες.

Το τελευταίο στάδιο της εργασίας αναφέρεται στο κομμάτι της διεξαγωγής αξιολόγησης με χρήστες με σχεδιαστικά πρωτότυπα, οι στόχοι που τέθηκαν, η επιλογή των συμμετεχόντων, τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν και τα τελικά συμπεράσματα που εξήχθησαν.

Έρευνα

Βασική αρχή για την έρευνα μας αποτέλεσε η αναζήτηση των υπαρχόντων πληροφοριών σχετικά με το υπό σχεδίαση έργο. Η αναζήτηση αυτή επικεντρώθηκε στα εξής:

- Έρευνα Έξυπνου φωτισμού
- Σχετικές Εργασίες
- Έρευνα Απευθυνόμενου Κοινού
- Έρευνα Τεχνολογιών
- Έρευνα Σχεδίασης Συγκριτικής Αξιολόγησης



Figure 3: Frank Lloyd's open plan office



Figure 4: Action Office II



Figure 5: Σύγχρονο open plan office

Open plan offices

Ως open plan offices (γραφεία ανοιχτού τύπου), θεωρούνται τα κτίρια, τα γραφεία ή τα δωμάτια που δεν έχουν εσωτερικούς τοίχους διαχωριζόμενα σε μικρότερες περιοχές. Αυτού του τύπου τα γραφεία έχουν δημιουργηθεί από το 1754 σε εταιρίες όπως τα ταχυδρομεία, δηλαδή η υπαλληλική εργασία όπου γινόταν σε μεγάλους ανοιχτούς χώρους.

Ο Frank Lloyd Wright, Αμερικάνος αρχιτέκτονας, εσωτερικός διακοσμητής, συγγραφέας και εκπαιδευτικός, το 1909 στο Μπάφαλο της Νέας Υόρκης πειραματίστηκε με τα open offices σε ένα κτίριο. Ο Wright ασχολήθηκε με την φροντίδα και την προσοχή του κάθε κτιρίου, σχεδιάζοντας ανθρωποκεντρικά. Το 1950 δημιουργήθηκε ένα κίνημα στη Γερμανία το Bürolandschaft (office landscape), το οποίο στηριζόταν στη θεωρία της ισότιμης διαχείρισης, θέλανε να είναι ανοιχτά και ευέλικτα. Το office landscape ενθάρρυνε όλες τις βαθμίδες του προσωπικού να κάθονται μαζί σε ένα μεγάλο ενιαίο χώρο για να δημιουργηθεί ένα μη ιεραρχικό περιβάλλον όπου αυξάνει την επικοινωνία και την συνεργασία. Ως απόρροια του Bürolandschaft το 1964 σχεδιάστηκε το Action Office από τον Robert Propst για την εταιρία Herman Miller, όπου ήταν μια σειρά από σχεδιασμένα έπιπλα έτσι ώστε να σπάσει τον χώρο σε μικρότερα μέρη, αλλά να επιτρέπει την εύκολη διάδραση και ευελιξία και έτσι διευθέτησε τον χώρο εκ νέου.

Τελικά το 1967 ο Robert Propst κυκλοφόρησε τα cubical office κάτω από την ομπρέλα του Action Office II. Τα γραφεία αυτά ήταν σχεδιασμένα σαν μια μικρή καμπίνα, η οποία είναι μερικώς κλειστή για να διαχωρίζει τον ένα εργαζόμενο από τον άλλο, όπου το χώρισμα είναι περίπου 1,5 μέτρο ψηλό[12].

Προβλήματα των open plan offices

Σήμερα ωστόσο γίνεται πολύ συχνά ένας συγκερασμός από παλαιές πρακτικές και τα γραφεία ανοιχτού τύπου αντιμετωπίζουν αρκετά προβλήματα.

Τα πιο συχνά προβλήματα που παρουσιάζονται σε γραφεία ανοιχτού χώρου είναι αυτά της ιδιωτικότητας, του ήχου και του φωτισμού. Όσον αφορά στα προβλήματα της ιδιωτικότητας έχουν βρεθεί κάποιες λύσεις όπως είναι κάποια διαχωριστικά τοιχάκια και ανοιχτό χώρο δαπέδου με αίθουσες συσκέψεων. Αν και υπάρχουν λύσεις στα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί, δεν έχουν βρεθεί ολοκληρωμένες λύσεις στο πρόβλημα του φωτισμού. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η φωταγώγηση σε open plan offices είναι μέσω ενός κεντρικού σταθερού φωτισμού από το ταβάνι, ο οποίος λειτουργεί με έναν διακόπτη. Ενίοτε οι υπάλληλοι χρησιμοποιούν ατομικό επιτραπέζιο φωτισμό στο γραφείο τους, χωρίς αυτό όμως να λύνει όλα τα προβλήματα αφού σημαντικό ρόλο έχει και η τοποθεσία του γραφείου στο χώρο και τα τζάμια του κτιρίου, τα προβλήματα όρασης που μπορεί να έχει ο εργαζόμενος, τις διαφορετικές ασχολίες που πρέπει να φέρει εις πέρας μέσα στην μέρα του. Ένα ακόμα πρόβλημα που δεν έχει αντιμετωπιστεί ακόμα είναι η εξοικονόμηση των πόρων, δηλαδή αν μια σημαντική μερίδα εργαζομένων λείπει από τη δουλειά, ο φωτισμός συνεχίζει και λειτουργεί[9].

Ο τύπος φωτισμού μπορεί να επηρεάσει τα συναισθήματα και τις βιολογικές λειτουργίες. Μπορεί να οδηγήσει σε πονοκεφάλους και να προκαλέσει ευερεθιστότητα και υπνηλία.

Τα φώτα πρέπει να είναι γυρισμένα προς τα κάτω έτσι ώστε να αποφευχθεί το disability glare.



Figure 6: Σύστημα διαχείρισης φωτισμού με ενσέρεις χειρονομίες Goldee



Figure 7: Σύστημα διαχείρισης φωτισμού με πίεση, των Magielse et al.



Figure 8: Σύστημα διαχείρισης φωτισμού με αφή Fonckel

Σχετικές Εργασίες

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλά παραδείγματα καινοτόμων διεπαφών φωτισμού, τόσο για εμπορικές εφαρμογές, όσο και σε ερευνητικά εργαστήρια. Παρόλα αυτά όλες αυτές οι διεπαφές δεν έχουν αξιολογηθεί πλήρως ώστε να υπάρχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τις καινοτόμες διεπαφές και τις πρόσφατες τάσεις.

Tangible / graspable user interfaces

Goldee

Το Goldee είναι επίσης ένα διάσημο σύστημα χειρισμού του φωτισμού με τη χρήση χειρονομιών. Η εταιρία που παράγει αυτό το χειριστήριο είναι γνωστή και για την εφαρμογή της για τη λάμπα Philips hue . Το σύστημα αυτό λειτουργεί με ενσέρεις χειρονομίες οι οποίες ενεργοποιούν ποικίλες λειτουργίες. Εκτός από αυτό, μπορεί να αισθανθεί την παρουσία και το φως της ημέρας να προσαρμόσει το φως ανάλογα[4].

Οι Magielse et al. (2013) εξέτασαν τη χρήση ενός ευαίσθητου pad ως ελεγκτή φωτός για το περιβάλλον γραφείου. Η πρόθεση είναι ο ελεγκτής να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσω έκφρασης. Η κίνηση του pad θα μετακινήσει το φως στην κατεύθυνση της διαδρομής του χεριού . Η άσκηση πίεσης στο pad θα αυξήσει την ένταση του φωτός. Το γρήγορο χτύπημα του pad θα τοποθετούσε τον χρήστη σε ένα λαμπρό φως[5]. Αυτή η μορφή αλληλεπίδρασης απαιτεί χαμηλή γνωστική προσπάθεια και χαμηλά επίπεδα προσοχής.

Fonckel

Η λάμπα Fonckel είναι ένα παράδειγμα φωτιστικού για εργασία που προσφέρει διαισθητικό χειρισμό με βάση το άγγιγμα του φωτισμού [5]. Χρησιμοποιώντας χειρονομίες αφής στην επάνω επιφάνεια της λάμπας, ο χρήστης μπορεί να ελέγξει την κατεύθυνση και την ένταση του φωτός. Αυτή η αλληλεπίδραση μπορεί να τη μάθει γρήγορα, επιτρέποντας στον χρήστη να επιτύχει ακριβείς ρυθμίσεις φωτισμού με ελάχιστη προσπάθεια.

Graphic user interfaces

Philips hue

Το hue είναι ένα σύστημα της Philips για τον έξυπνο φωτισμό στο σπίτι. Διαθέτει μια συσκευή τη "γέφυρα" (bridge), η οποία συνδέεται με το internet και είναι ο βασικός πυρήνας του συστήματος. Ακόμα υπάρχουν ειδικές λάμπες led, οι οποίες συνδέονται και αυτές στο internet και έτσι επικοινωνούν με τη "γέφυρα". Ο χειρισμός του φωτισμού γίνεται μέσω της εφαρμογής σε smartphone. Με την εφαρμογή που διαθέτει η Philips hue ή μέσω ενός ροοστάτη ή αι μέσω φωνητικών εντολών ο χρήστης μπορεί να ελέγχει και να προσαρμόζει τον φωτισμό όσων αφορά στο χρώμα, στην φωτεινότητα, στην θερμοκρασία και το άνοιγμα/κλείσιμο των λαμπτήρων [19].

Ikea tradfri

Άλλη μια παρόμοια εφαρμογή διαχείρισης του φωτισμού μέσω γραφικής διεπαφής είναι και εκείνη της ikea tradfri , η οποία λειτουργεί μαζί με έξυπνη λάμπα της ikea και ειδικό χειριστήριο[17].

Έρευνα απευθυνόμενου κοινού

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΈΡΕΥΝΑΣ

Μέσα από συνεντεύξεις αντλήθηκαν πληροφορίες σχετικά με την καθημερινότητα των εργαζομένων ενός open plan office, τις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της εργασίας τους, την κόπωση των οφθαλμών κατά την διάρκεια της ημέρας.

Οι συνεντεύξεις έγιναν σε open-plan offices (5) και σε γραφείο 3D printing με έναν ελεύθερο επαγγελματία. Στόχος των συνεντεύξεων είναι η κατανόηση του προβληματικού χώρου και οι ανάγκες των εργαζομένων σε ένα open-plan office δημιουργικής δουλειάς (αρχιτεκτονικό γραφείο, 3D printing) και πολλαπλών εργασιών (συνεπτυγμένα εργαζόμενοι του τμήματος marketing, programming, διοίκησης).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΈΡΕΥΝΑΣ

- Οι χρήστες εκτελούν πολλές εργασίες κατά την διάρκεια της ημέρας. Κυρίως στον υπολογιστή. Χρειάζονται τον φυσικό φωτισμό κατά την διάρκεια της ημέρας και ένα τεχνητό φως κατάλληλο για συγκέντρωση όση ώρα δουλεύουν.

- Ο κάθε ένας έχει διαφορετικές ανάγκες φωτισμού λόγω διαφορετικής δουλειάς, κατάστασης όρασης και θέσης γραφείου.
Κατά μέσον όρο κάθε 1 ώρα γίνονται διαλείμματα.
- Δεν υπάρχει η κλασική έννοια της ρουτίνας, καθώς ο καθένας έχει διαφορετικές ανάγκες καθημερινά.
- Υπάρχει πρόβλημα με την αντανάκλαση του φωτός στον υπολογιστή.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας εκτελούν διαφορετικές εργασίες οι οποίες χρειάζονται διαφορετικό φωτισμό.
- Θέλουν να αναδεικνύουν το εμπορικό στοιχείο του γραφείου τους (πως φαίνεται προς τα έξω στον πελάτη) και το ατμοσφαιρικό στοιχείο όσον αφορά τους ίδιους τους εργαζόμενους.
- Δεν υπάρχει κάποιο σύστημα ελέγχου του ποσοστού φυσικού φωτισμού που υπάρχει μέσα στο χώρο του γραφείου ώστε να προσαρμόζεται ανάλογα και το τεχνητό φως.
- Υπάρχει ανάγκη για φορητότητα του ατομικού φωτισμού.

ΤΕΛΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΕΥΘΥΝΟΜΕΝΟΥ ΚΟΙΝΟΥ

Με βάση όλη την υπάρχουσα έρευνα, αποφασίσαμε για την επιλογή του απευθυνόμενου κοινού για το υπό σχεδίαση σύστημα, να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο του μάρκετινγκ, που αφορά στην Τμηματοποίηση και την Στόχευση.

Η Τμηματοποίηση έγινε βάσει των εξής:

- Συμπεριφορικά Κριτήρια : προσδοκώμενο όφελος, περιστάσεις χρήσης, συχνότητα χρήσης, πιστότητα χρήσης, βαθμός ετοιμότητας
- Ψυχογραφικά κριτήρια : στάσεις, απόψεις, αντιλήψεις, προσωπικότητα, τρόπος ζωής
- Δημογραφικά κριτήρια : ηλικία, οικογενειακή/οικονομική κατάσταση, τόπος διαμονής

Έτσι, δημιουργήσαμε 3 διαφορετικά προφίλ:

1^ο ΠΡΟΦΙΛ

Άντρας, 35 ετών, ο οποίος δουλεύει σε open plan office, ως γραφίστας, πέντε μέρες την εβδομάδα (Δευτέρα με Παρασκευή), με ωράριο 9π.μ.-5μ.μ.. Το γραφείο του περιλαμβάνει έναν σταθερό υπολογιστή και τα περιφερειακά, ένα laptop, το κινητό του, χαρτιά, χαρτάκια σημειώσεων, μια κούπα και στυλό, τσιγάρα.

2^ο ΠΡΟΦΙΛ

Γυναίκα, 30 ετών, η οποία δουλεύει σε open plan office, σε ένα τεχνικό γραφείο ως αρχιτέκτονας, πέντε μέρες την εβδομάδα (Δευτέρα με Παρασκευή) 8π.μ.-3μ.μ.. Το γραφείο της περιλαμβάνει ένα laptop, ακουστικά, ποντίκι και mouse pad, επαγγελματικές κάρτες, ένα ρυθμιζόμενο φωτιστικό γραφείου, μια ατζέντα, ένα σημειωματάριο και την τσάντα της.

3^ο ΠΡΟΦΙΛ

Άντρας, 32 ετών, ο οποίος δουλεύει σε open plan office, ως ελεύθερος επαγγελματίας στο κομμάτι του 3D printing, έξι μέρες την εβδομάδα (Δευτέρα με Σάββατο), με ωράριο καταστημάτων. Το γραφείο του περιλαμβάνει ένα σταθερό υπολογιστή και τα περιφερειακά, χαρτιά, στυλό, κάποιες εκτυπωμένες μινιατούρες 3D, κούπα, κινητό.



Figure 9: Πλατφόρμα openhab



Figure 10: Raspberry pi



Figure 11: Wemos Lolin esp32

Έρευνα Τεχνολογιών

Για την έρευνα των τεχνολογιών, επικεντρωθήκαμε στις εξής τεχνολογίες :

- *RFID Tags*

Η λειτουργία των συστημάτων RFID είναι απλή και βασίζεται στη δυναμική και αμφίδρομη επικοινωνία των ετικετών και των αναγνώστων. Όταν τα RFID Tags βρεθούν στην εμβέλεια της κεραίας του αναγνώστη, η μονάδα ελέγχου επικοινωνεί με ραδιοκύματα με την κεραία των RFID Tags. Τα RFID Tags ενεργοποιούνται με τη σειρά τους και επιστρέφουν τα αναζητούμενα δεδομένα στους αναγνώστες. Έπειτα παρεμβάνει ένα ενδιάμεσο λογισμικό, το οποίο κατανοεί τις πληροφορίες, οι οποίες αποστέλλονται από τη μονάδα ελέγχου του αναγνώστη. Ο αναγνώστης τις μεταφέρει στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα[21].

- *OpenHab*

Το openhab είναι μια πλατφόρμα λογισμικού ανοιχτού κώδικα για έξυπνες κατοικίες, όπου οι χρήστες μπορούν να έχουν τον πλήρη έλεγχο και τη μέγιστη ευελιξία για τις έξυπνες οικιακές συσκευές τους. Οι χρήστες μέσω του ανοικτού κώδικα μπορούν να τροποποιούν και να ενισχύουν τις "έξυπνες" συσκευές τους. Το openhab επικεντρώνεται στην τοπική ολοκλήρωση, ακολουθώντας την αρχή του "Internet of Things"[18].

- *NFC tags*

Τα NFC Tags λειτουργούν με παρεμφερή τρόπο με τα RFID Tags. Τα NFC αποτελούν μια πρότυπη τεχνολογία συνδεσιμότητας. Είναι μια μικρής εμβέλειας ασύρματη τεχνολογία, η οποία μεταφέρει δεδομένα. Η λειτουργία της βασίζεται στην επαφή ή στην προσέγγιση, σε απόσταση περίπου 4-5 εκατοστών, της συσκευής που περιέχει τα NFC, σε κάποια άλλη συσκευή που περιλαμβάνει τον κατάλληλο αισθητήρα[21].

- *Tangible User Interface*

Τα Tangible user interface (TUI) είναι μια διεπαφή χρήστη, στην οποία ένα άτομο αλληλεπιδρά με ψηφιακές πληροφορίες μέσω του φυσικού περιβάλλοντος[3].

- *Arduino*

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοιχτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα. Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή[16].

- *Raspberry pi3*

Το Raspberry pi3 είναι ένας υπολογιστής χαμηλού κόστους, το οποίο περιέχεται σε έναν ενιαίο πίνακα κυκλωμάτων και διαθέτει θύρες για: HDMI, USB 2.0., SD Card, Internet, Power, Analog audio, Composite video. Ο υπολογιστής λειτουργεί εξ ολοκλήρου σε λογισμικό ανοιχτού κώδικα και παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να συνδυάζει και ταιριάζει το λογισμικό ανάλογα με το έργο που επιθυμεί[20].

- *WEMOS ESP32*

Το ESP32 είναι μια ενσωματωμένη κεραία και RF balun, ενισχυτής ισχύος, ενισχυτής χαμηλού θορύβου, φίλτρου και μονάδα διαχείρισης ενέργειας. Μια πλακέτα περιλαμβάνει ολόκληρο το κύκλωμα. Η πλακέτα αυτή χρησιμοποιείται με 2,4GHz διπλής λειτουργίας Wi-Fi και Bluetooth chips[22].

ΣΤΟΧΟΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μέσα από την έρευνα που συγκεντρώθηκε, τέθηκαν κάποιοι βασικοί στόχοι που είναι απαραίτητο να υλοποιεί το τελικό σύστημα. Οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω

- i. Μείωση οπτικής κόπωσης του εργαζομένου κατά την ώρα εργασίας
- ii. Χρήση ποιοτικού φωτισμού εν ώρα εργασίας
- iii. Δυνατότητα παροχής διαφορετικών ειδών φωτισμού πέραν του κλασσικού
- iv. Διευκόλυνση χειρισμού φωτισμού μέσα στο χώρο εργασίας
- v. Ενίσχυση ψυχικής ισορροπίας και αποδοτικότητας στην εργασία
- vi. Δημιουργία ευχάριστου εργασιακού περιβάλλοντος

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

- i. Το σύστημα να είναι εύχρηστο και ευχάριστο στην χρήση
- ii. Το σύστημα να μην περιορίζει τον χώρο του εργαζομένου, τόσο χωροταξικά όσο και αισθητικά
- iii. Το σύστημα να είναι εύκολα προσβάσιμο από τον χρήστη

Σχεδίαση Συστήματος

Η σχεδίαση του συστήματος περιλάμβανε τα εξής:

- Σχεδίαση Σεναρίων
- Επιλογή Τεχνολογιών Επικοινωνίας Λάμπας με το Σύστημα
- Σχεδίαση Γραφικής Διεπαφής Χρήστη
- Σχεδίαση Απτής Διεπαφής Χρήστη
- Επιλογή Τεχνολογιών και Προγραμμάτων
- Σχεδίαση Πρωτοτύπων

Σχεδίαση Σεναρίων

Η σχεδίαση του συστήματος αρχικά έγινε έρευνα στις λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης με μια έξυπνη λάμπα IKEA Tradfri. Οι λειτουργίες που εκτελούνται είναι οι εξής:

- Ενεργοποίηση φωτός
- Απενεργοποίηση φωτός
- Αυξομείωση έντασης φωτός
- Αυξομείωση θερμότητας φωτός
- Επιλογή χρωμάτων
- Προκαθορισμένα mode με συγκεκριμένη ένταση και θερμότητα φωτός

Από αυτές τις λειτουργίες επιλέξαμε τις παρακάτω δεδομένου ότι η λάμπα που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Tradfri LED E27 980 lumen η οποία διαθέτει εναλλαγές στην ένταση και θερμότητα και όχι στο χρώμα:

- Ενεργοποίηση φωτός
- Απενεργοποίηση φωτός
- Αυξομείωση έντασης φωτός
- Αυξομείωση θερμότητας φωτός
- Προκαθορισμένο mode εργασίας
- Προκαθορισμένο mode γενικού φωτισμού

Επιλογή τεχνολογιών επικοινωνίας λάμπας με το σύστημα

Η λάμπα Tradfri της IKEA διαθέτει ένα bridge κι ένα controller. Το bridge συνδέεται με το router με σκοπό να μεταφέρει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από το δίκτυο στην λάμπα. Για την ενεργοποίηση του συστήματος από την IKEA

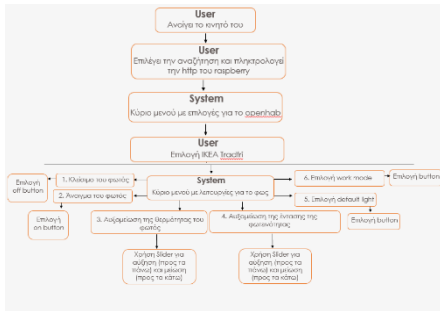


Figure 12: Task analysis γραφικής διεπαφής χρήστη

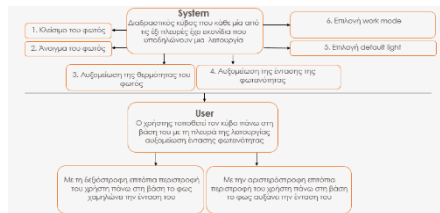


Figure 13: Task analysis απτής διεπαφής χρήστη

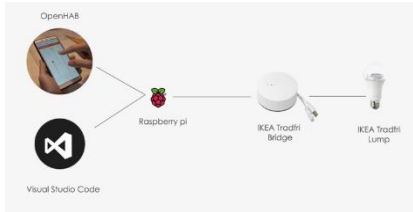


Figure 14: Διάγραμμα τεχνολογιών γραφικής διεπαφής και η μεταξύ τους επικοινωνία

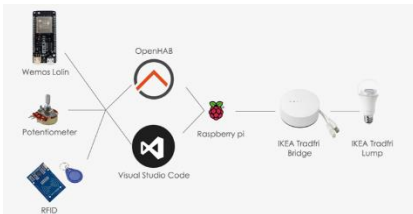


Figure 15: Διάγραμμα τεχνολογιών απτής διεπαφής και η μεταξύ τους επικοινωνία

είναι απαραίτητη η χρήση του controller για αναγνώριση της λάμπας από το bridge. Για την επικοινωνία της λάμπας με το σύστημα χρησιμοποιήθηκε το raspberry pi. Μέσω του raspberry δημιουργήθηκε λογαριασμός για να μεταφέρονται τα δεδομένα από το raspberry στο bridge και τελικά στην λάμπα. Επίσης επιλέχθηκε η χρήση του openhab ώστε η επικοινωνία με το raspberry να γίνεται σε μια απλή για τον χρήστη διεπαφή.

Σχεδίαση Γραφικής Διεπαφής Χρήστη

Για την διεπαφή σχεδιάστηκαν με βάση τα σενάρια ορισμένα wireframes. Έπειτα από διορθώσεις και μελέτη η διάδραση με την διεπαφή έγινε ως εξής:

- Επιλογή button για ενεργοποίηση φωτός
- Επιλογή button για απενεργοποίηση φωτός
- Slide προς τα πάνω και προς τα κάτω για αύξηση και μείωση έντασης φωτός αντίστοιχα
- Slide προς τα πάνω και προς τα κάτω για αύξηση και μείωση θερμότητα φωτός αντίστοιχα
- Επιλογή button για ενεργοποίηση work mode
- Επιλογή button για ενεργοποίηση default light mode

Ομαδοποιήθηκαν ανά δύο τα task στην διεπαφή ώστε να είναι πιο κατανοητό και εύχρηστο στον χρήστη. Η ενεργοποίηση και απενεργοποίηση φωτός αναπαρίστανται με ένα κοινό button. Επιλέχθηκαν icons του openhab για την υποδήλωση των task. Συγκεκριμένα:

- Icon On/Off για την ενεργοποίηση και απενεργοποίηση
- Στατικό icon λάμπας για την αυξομείωση έντασης φωτός
- Διαδραστικό icon λάμπας για την αυξομείωση θερμότητας και ψυχρότητας φωτός
- Βαλίτσα για το work mode
- Στατικό icon για το default light mode

Σχεδίαση Απτής Διεπαφής Χρήστη

Η απτή διεπαφή έχει την μορφή κύβου. Για τον διαδραστικό κύβο επιλέχθηκαν οι λειτουργίες των σεναρίων να εκτελούνται με κάθε πλευρά του κύβου. Κάθε πλευρά αντιστοιχεί σε ένα task. Οι διαστάσεις του κύβου επιλέχθηκαν έπειτα από διεξαγωγή επιτόπιας έρευνας όσον αφορά τα ανθρωπομετρικά στοιχεία. Συγκεκριμένα υπολογίστηκαν από την άδραξη του 5^{ου} εκατοστημορίου της γυναικείας παλάμης.

Επιλογή Τεχνολογιών και Προγραμμάτων

Οι τεχνολογίες επιλέχθηκαν έπειτα από desktop και field research. Αρχικά έγιναν πειραματισμοί με:

- Arduino uno
- Wemos Lolin esp32
- Buttons
- Photoresistor
- Potentiometer
- Accelerometer MPU 6050
- RFID tags, reader
- NFC
- Raspberry
- Openhab
- Visual Studio Code

Για την διεπαφή επιλέχθηκε το basic UI του openhab αρχικά και έπειτα το HABpanel.

Για τον διαδραστικό κύβο επιλέχθηκαν το Wemos Lolin esp32, το οποίο διαθέτει σύνδεση με Wi-Fi, το potentiometer και το RFID.

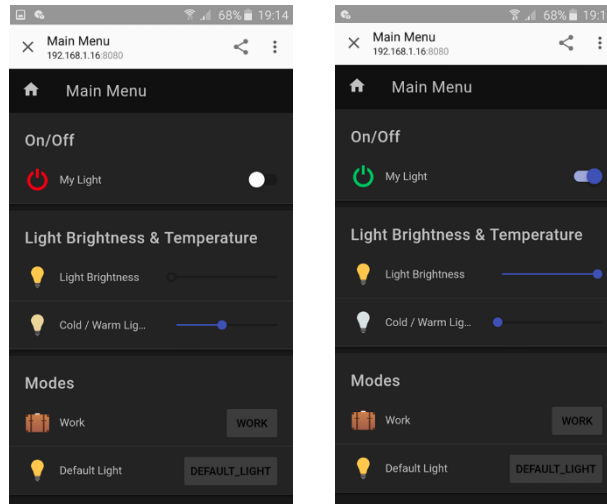


Figure 16: UI της διεπαφής κλειστή (αριστερά) και ανοιχτή με επιλογή work mode (δεξιά)

Σχεδίαση Πρωτοτύπων

Για το basic UI γράφτηκε κώδικας στο Visual Studio Code για την διάταξη των task στην διεπαφή και την αποστολή των request από το orehab στο raspberry και τελικά στην λάμπα.

Για το basic UI γράφτηκε κώδικας στο Visual Studio Code για την διάταξη των task στην διεπαφή και την αποστολή των request από το orehab στο raspberry και τελικά στην λάμπα.

Το σύστημα του διαδραστικού κύβου αποτελείται από μια βάση και δύο κύβους. Για τον διαδραστικό κύβο δοκιμάστηκαν οι τεχνολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για την εναλλαγή των task επιλέχθηκαν οι παρακάτω τεχνολογίες:

- Wemos Lolin esp32
- RFID tags, reader

Με αυτές τις τεχνολογίες ο κύβος ορίζεται ως token εκτελώντας τα task με την αναγνώριση των RFID tags.

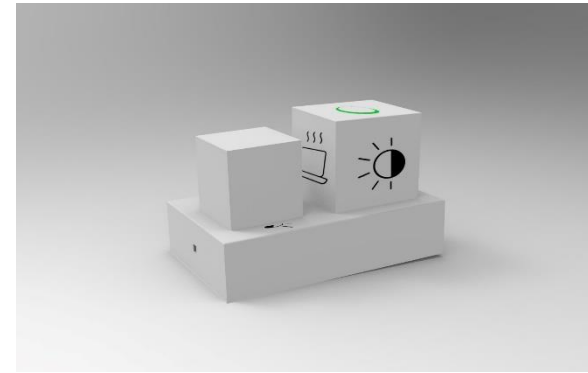


Figure 17: Απτή διεπαφή χρήστη αποτελούμενη από δύο κύβους και μια βάση

Στο σύστημα υπάρχει επιπλέον ένας κύβος ο οποίος σκοπό έχει να αυξομειώνει την θερμότητα και την ένταση του φωτός.

Για να είναι μια γνώριμη στον χρήστη κίνηση (π.χ. αυξομείωση ήχου με ροδέλα), η αυξομείωση επιλέχθηκε να γίνει με το:

- potentiometer

Η βάση περιέχει το Wemos Lolin esp32, RFID reader και το potentiometer. Κάθε πλευρά του token περιέχει ένα RFID tag το οποίο μέσω του Wemos Lolin esp32 στέλνει μια http request στο raspberry για να φτάσει τελικά στην λάμπα. Στο RFID tag της έντασης και της θερμότητας μπορεί να αλληλεπιδράσει και ο 2^{ος} κύβος. Ο κύβος με το potentiometer ανάλογα με την φορά που θα στρίψει αυξάνει ή μειώνει την ένταση ή την θερμότητα του φωτός. Αποστέλλεται μια http request μέσω του Wemos Lolin esp32 στο raspberry για να φτάσει τελικά στην λάμπα.



Figure 18:Expert αξιολογεί την απτή διεπαφή χρήστη. Στο δεξί του χέρι κρατά τον κύβο όπου αυξομειώνει την ένταση και την θερμότητα του φωτός

Αξιολόγηση

Η δοκιμή ευχρηστίας πραγματοποιήθηκε σε τρεις κύκλους αξιολογήσεων. Πρώτη ήταν η διαμορφωτική αξιολόγηση με καθηγητές του τμήματος ΤΜΣΠΣ εν ώρα μαθήματος, η οποία έγινε κατά τη διαδικασία σχεδιασμού για να βρεθούν προβλήματα βελτίωσης του προϊόντος. Δεύτερος κύκλος διαμορφωτικής αξιολόγησης έγινε με φοιτητές και καθηγητές του τμήματος ΤΜΣΠΣ που έχουν εμπειρία στη σχεδίαση προϊόντων και συστημάτων οι οποίοι δεν είχαν δει έως την στιγμή εκείνη το project ολοκληρωμένο. Έπειτα ακολούθησε η συνοπτική αξιολόγηση, που διεξάγεται με το απευθυνόμενο κοινό που σχεδιάστηκε το προϊόν για να επικυρώσει το σχέδιο σε σχέση με συγκεκριμένους στόχους.

Στόχοι

Γενικός στόχος της αξιολόγησης ήταν να αποκτηθεί χρήσιμη ανάδραση από τους σχεδιαστές για την πορεία

της αξιολόγησης (summative evaluation), καθώς και να βγει κάποιο συμπέρασμα όσον αφορά την καταλληλότητα του συστήματος σε σχέση με κάποια κριτήρια αποδοχής του από τους χρήστες (formative evaluation)[13].

Σε κάθε μέθοδο αξιολόγησης, οι γενικοί στόχοι του διαδραστικού συστήματος απαιτείται να εξειδικευθούν σε πιο συγκεκριμένους οι οποίοι να μπορούν να μετρηθούν ποσοτικά ή ποιοτικά (Tullis & B. Albert, 2008). Μερικά από τα μέτρα αξιολόγησης στα οποία θελήσαμε να επικεντρωθούμε ήταν τα εξής:



Figure 19: Σχεδιασμός icons για την απτή διεπαφή χρήστη



Figure 20: Ένας χρήστης επιλέγει icon



Figure 21: Ένας χρήστης αξιολογεί την γραφική διεπαφή χρήστη.

1. ποιο είναι πιο εξυπηρετικό στη χρήση
2. ποιο ήταν πιο εύκολο στην κατανόηση
3. ποιο ήταν πιο απλό για καθημερινή χρήση
4. ποι;ο ήταν πιο διασκεδαστικό
5. ποιο θα χρησιμοποιούσαν καθημερινά στο γραφείο

Διαμορφωτική αξιολόγηση (πρώτος κύκλος αξιολόγησης)
Οι διδάσκοντες και επιβλέποντες του μαθήματος Σχεδίασης Διαδραστικών συστημάτων (studio 7a) στο Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης Προϊόντων και Συστημάτων αξιολόγησαν το διαδραστικό πρωτότυπο εν ώρα μαθήματος. Οι διδάσκοντες που αξιολογήθηκαν έχουν εμπειρία στην σχεδίαση διαδραστικών συστημάτων, στο physical computing την εργονομία και τη σχεδίαση γραφικών περιβαλλόντων.

Τους δόθηκε η ελευθερία να κάνουν οποιαδήποτε λειτουργία και εργασία ήθελαν είτε στη γραφική διεπαφή είτε στον διαδραστικό κύβο με την προϋπόθεση ότι θα επικοινωνούν την σκέψη τους παράλληλα με την χρήση των δύο συστημάτων. Έπειτα κλήθηκαν να ολοκληρώσουν ορισμένα tasks.

Τέλος οι αξιολογητές έκαναν συνέντευξη στους καθηγητές για να συλλέξουν εύστοχα σχόλια προς βελτίωση των συστημάτων.

Σχόλια προς βελτίωση σχεδίασης διεπαφής:

1. Μεγαλύτερη μπάρα για την αύξηση της έντασης του φωτισμού
2. Μετρικές ενδείξεις για την ένταση του φωτός
3. Αλλαγή του background της εφαρμογής με μεγαλύτερο contrast.
4. Αλλαγή των κουμπιών για τις preset εντολές, συγχώνευση εντολής με εικονίδιο

Σχόλια προς βελτίωση διαδραστικών κύβων:

1. Οι πλευρές του κύβου να έχουν πιο universal εικόνες για την εκάστοτε λειτουργία
2. Δεν υπάρχει οπτική διαβάθμιση στην ένταση του φωτός πάνω στον κύβο
3. Ο χρήστης να μπορεί να δημιουργήσει τα δικά του preset του φωτισμού
4. Ειδική ένδειξη για το μέγιστο και το ελάχιστο του φωτισμού
5. Αντιστοίχιση της περιστροφής της θερμότητας του φωτός με εκείνη του ψυχρού θερμού της βρύσης νερού
6. Μαγνητισμός βάσης με κύβο για μεγαλύτερη σταθερότητα του κύβου

7. Βελτίωση του visual feedback
8. Προσθήκη χρωμάτων στις πλευρές του κύβου για την διαφοροποίηση της κάθε λειτουργίας

Τέλος, για την εύρεση των κατάλληλων εικονιδίων για τις πλευρές του κύβου η σχεδιαστική ομάδα πρότεινε τέσσερα προτεινόμενα εικονίδια για κάθε μια από τις έξι λειτουργίες του διαδραστικού κύβου. Ρωτήθηκαν δέκα σε σύνολο καθηγητές και φοιτητές για το πιο εικονίδιο προτιμούν για την εκάστοτε λειτουργία.

Διαμορφωτική αξιολόγηση (δεύτερος κύκλος αξιολόγησης)

Ακολούθησε ο δεύτερος κύκλος αξιολόγησης, μετά την βελτίωση των παραπάνω στοιχείων στον διαδραστικό κύβο. Η αξιολόγηση έγινε με τη χρήση του εργαλείου morae. Η αξιολόγηση εμπειρίχε την επιτόπια παρατήρηση με χρήστες που είναι γνώστες της σχεδίασης προϊόντων και συστημάτων, έχουν παρακολουθήσει την πορεία της σχεδίασης, γνωρίζουν από τεχνολογίες και σχεδιασμό διεπαφών. Παρατηρήθηκαν κατά την εκτέλεση ορισμένων εργασιών που όρισαν οι αξιολογητές του συστήματος και στη συγκεκριμένη περίπτωση από τους φοιτητές που σχεδίασαν τα δυο πρωτότυπα. Η εν λόγω αξιολόγηση υλοποιήθηκε με τα εξελεγμένα διαδραστικά πρωτότυπα από τον πρώτο κύκλο αξιολόγησης. Στόχος είναι να εντοπιστούν οι αδυναμίες και τα δυνατά σημεία των δύο συστημάτων. Τα υποκείμενα πρώτα αξιολογήθηκαν για τις λειτουργίες της διεπαφής και έπειτα για τον διαδραστικό κύβο με ακριβώς την ίδια μέθοδο αξιολόγησης.

Βήματα δοκιμής ευχρηστίας

1. Πλάνο
 - Καταγράφηκε ένας σκελετός της δοκιμής ευχρηστίας για να οριστούν οι στόχοι, οι χρήστες, οι εργασίες, οι διαδικασίες, και η ρύθμιση των δοκιμών για τη συλλογή δεδομένων
 - Δημιουργήθηκαν σενάρια εργασιών και αναλυτικές οδηγίες για τον χρήστη.
 - Στη διαμορφωτική αξιολόγηση, ο διαμεσολαβητής ήταν μαζί με τον χρήστη και τον προτρέπει να επικοινωνεί τη σκέψη του (think aloud).
2. Έλεγχος λειτουργικότητας πριν την επίσημη δοκιμή με χρήστες
 - Πριν την αξιολόγηση με χρήστες έγινε μια δοκιμή και επαλήθευση της λειτουργίας των υπαρχόντων τεχνολογιών του συστήματος

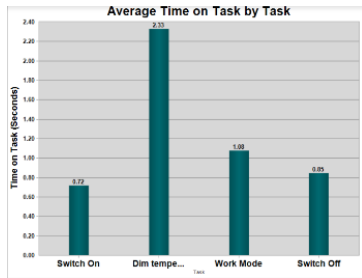


Figure 22: Διάγραμμα χρόνου ανά task με χρήση της γραφικής διεπαφής

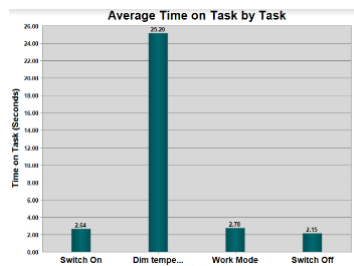


Figure 23: Διάγραμμα χρόνου ανά task με χρήση της γραφικής διεπαφής

3. Συνάντηση με τα υποκείμενα αξιολόγησης και τα μέσα αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν
 - Χρήση του συστήματος morae για την καταγραφή των υποκειμένων
 - Ενημέρωση των χρηστών ότι θα είναι υπό παρακολούθηση και βιντεοσκόπηση
 - Δόθηκαν οδηγίες στα υποκείμενα για τη χρήση της διεπαφής και του διαδραστικού κύβου
 - Δόθηκε στα υποκείμενα αρχικά η γραφική διεπαφή . Οι συμμετάσχοντες είχαν όσο χρόνο ήθελαν να προηγηθούν στην διεπαφή και να εκτελούν λειτουργίες που εκείνοι θέλουν.
 - Έπειτα εκτέλεσαν τις παρακάτω λειτουργίες
 - a. Ενεργοποίηση φωτός
 - b. Επιλογή work mode
 - c. Αύξηση θερμότητας φωτός στο μέγιστο
 - d. Απενεργοποίηση φωτός
 - Δεν δόθηκαν συμβουλές και βοήθεια άμα δεν κρίθηκε απαραίτητο από τους αξιολογητές
 - Ζητήθηκε από τους χρήστες να συμπληρωθεί ερωτηματολόγιο σε κλίμακα Likert για τον υπολογισμό SUS score
 - Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για τον διαδραστικό κύβο
4. Μετα-δοκιμή ή ανασκόπηση
 - Το υποκείμενο είχε την ελευθερία να εκφράσει την άποψη του ανοιχτά για τα δύο συστήματα μετά την εκτέλεση των εργασιών
 - Μετά την αξιολόγηση έγινε ανασκόπηση των αποτελεσμάτων των χρηστών
5. Ανάλυση, ερμηνεία και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.
 - Δημιουργία μιας λίστας με προβλήματα χρησιμότητας ταξινομημένα ανάλογα με τη σημασία τους
 - Σύνοψη των αποτελεσμάτων των ερωτηματολογίων

Αποτελέσματα δεύτερου κύκλου αξιολόγησης

Στο τέλος των ερωτηματολογίων υπολογίστηκε το SUS score και των δύο ώστε να βρεθεί το ερωτηματολόγιο με το υψηλότερο sus score . Μετά από υπολογισμούς με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων τελικά το υψηλότερο SUS score το είχε η γραφική διεπαφή με 80.7 και μετά έρχεται ο κύβος με 70.9.

Από τα αποτελέσματα του συστήματος morae βγήκαν τα εξής αποτελέσματα ποσοτών λάθους και επιτυχίας για την κάθε λειτουργία του κάθε συστήματος

Διαδραστικοί κύβοι

Για το άνοιγμα της λάμπας με τους διαδραστικούς κύβους

- Το 100% το εκτέλεσε με ευκολία

Για την αυξομείωση της θερμοκρασίας του φωτός

- Το 11.11% απέτυχε να το εκτελέσει
- Το 66.67% το εκτέλεσε με δυσκολία
- Το 22% το εκτέλεσε με ευκολία

Για τη τοποθέτηση του φωτός στο mode δουλειάς

- Το 11% απέτυχε
- Το 77.78%το εκτέλεσε με ευκολία
- Το 11.11% score not set

Για το κλείσιμο της λάμπας

- Το 100% το έκανε με επιτυχία

Γραφική διεπαφή

Για το άνοιγμα της λάμπας με τη γραφική διεπαφή

- Το 98.2% το εκτέλεσε με επιτυχία
- Το 1.8 % απέτυχε να το ολοκληρώσει

Για την αυξομείωση της θερμοκρασίας του φωτός

- Το 72.5% το εκτέλεσε με ευκολία
- Το 23.2% το εκτέλεσε με δυσκολία
- Το 4.3% απέτυχε να το ολοκληρώσει

Για τη τοποθέτηση του φωτός στο mode δουλειάς

- Το 8% απέτυχε να το ολοκληρώσει
- Το 72% το εκτέλεσε με ευκολία

Για το κλείσιμο της λάμπας

- Το 100% το έκανε με επιτυχία

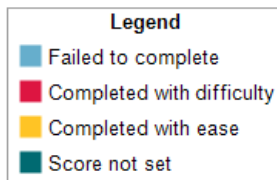
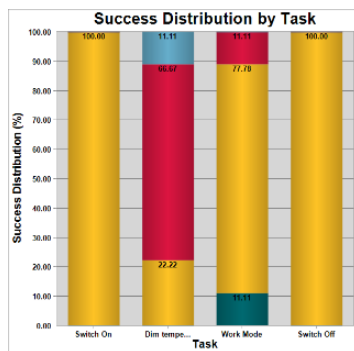


Figure 24: Διάγραμμα επιτυχίας εκτέλεσης task με χρήση της απτής διεπαφής χρήστη.

Έπειτα υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι χρόνου εκτέλεσης της κάθε λειτουργίας

Για την απτή διεπαφή χρήστη οι μέσοι χρόνοι ήταν :

1. Οι χρήστες έκαναν ως μέσω χρόνο για να περιεργαστούν την απτή διεπαφή χρήστη 2 λεπτά και 22 δευτερόλεπτα
2. Για την ενεργοποίηση του φωτός με την απτή διεπαφή χρήστη χρειάστηκαν 3 δευτερόλεπτα
3. Η τοποθέτηση της απτής διεπαφής χρήστη σε work mode έγινε κατά μέσο όρο σε 2.9 δευτερόλεπτα
4. Η περιστροφή της απτής διεπαφής χρήστη για την τοποθέτηση του σε μέγιστη ψυχρή και θερμή θερμοκρασία φωτός έγινε σε 21.6 δευτερόλεπτα.
5. Η απενεργοποίηση του φωτισμού με απτή διεπαφή χρήστη έγινε σε χρόνο 2.1 δευτερόλεπτα

Για την γραφική διεπαφή χρήστη οι μέσοι χρόνοι ήταν

1. Περιεργασία από το υποκείμενο χωρίς την επέμβαση του αξιολογητή ήταν 38 δευτερόλεπτα
2. Για την ενεργοποίηση του φωτισμού 1 δευτερόλεπτο
3. Για την επιλογή του work mode 1.2 δευτερόλεπτα
4. Για την τοποθέτηση σε μέγιστη θερμοκρασία φωτός 2.2 δευτερόλεπτα
5. Για την απενεργοποίηση του φωτός 3.1 δευτερόλεπτα

Συνοπτική αξιολόγηση (τρίτος κύκλος αξιολόγησης)

Σε αυτόν τον κύκλο αξιολόγησης, συμμετείχε το απευθυνόμενο κοινό για το οποίο έχουν σχεδιαστεί τα δύο συστήματα για τα οποία συγκρίνεται η ευχρηστία τους. Σε αυτή τη φάση η ομάδα σχεδίασης των συστημάτων ήθελε να εξετάσει αν ικανοποιήθηκαν οι στόχοι της και να συγκρίνει τα δύο τελικά συστήματα μεταξύ τους. Επομένως μετά τις παρατηρήσεις που έγιναν στους δύο προηγούμενους κύκλους αξιολόγησης η γραφική διεπαφή χρήστη και ο διαδραστικός κύβος βελτιώθηκαν σε ορισμένα χαρακτηριστικά τους.

Βελτιώσεις που έγιναν στη γραφική διεπαφή χρήστη :

1. Άλλαξε το background από μαύρο σε άσπρο
2. Οι μπάρες αύξησης της φωτεινότητας τοποθετήθηκαν οριζόντια
3. Μεγενθύθηκαν τα εικονίδια
4. Ενσωματώθηκαν τα κουμπιά με τα εικονίδια

Βελτιώσεις που έγιναν στους διαδραστικούς κύβους

1. Αφαιρέθηκε ο κύβος που περιείχε το ποτεσιόμετρο και ενσωματώθηκε σε έναν κύβο που θα κάνει όλες τις λειτουργίες
2. Το εικονίδιο της έντασης της θερμοκρασίας άλλαξε και τοποθετήθηκε εκείνο που υπήρχαν στην εφαρμογή της ikea tradfri
3. Η αυξομείωση της έντασης θα γινόταν με την περιστροφή του ενός κύβου με τις έξι λειτουργίες δεξιά και αριστερά.

Έπειτα τις παραπάνω αλλαγές πραγματοποιήθηκε επίσημα ο τρίτος κύκλος αξιολόγησης σε αρχιτεκτονικό open plan office της Ερμούπολης Σύρου.

Συμμετέχοντες

1. Επάγγελμα : Αρχιτέκτονας
 Δημογραφικά χαρακτηριστικά : 27 ετών ,οικονομική αυτονομία

Γεωγραφικά : μόνιμος κάτοικος της Ερμούπολης
 Ψυχογραφικά : Ενδιαφέρεται για τα νέα gadgets , χρησιμοποιεί πολλά σχεδιαστικά προγράμματα , και χρησιμοποιεί πολλές εφαρμογές.

2. Επάγγελμα : Αρχιτέκτονας εξωτερικών χώρων
 Δημογραφικά χαρακτηριστικά : 33 ετών ,οικονομική αυτονομία

Γεωγραφικά : μόνιμος κάτοικος της Ερμούπολης
 Ψυχογραφικά : Του αρέσει το design και όλες οι εκφάνσεις του , χρησιμοποιεί πολλά σχεδιαστικά προγράμματα μένει ενήμερος για τις τεχνολογικές εξελίξεις σε κινητά και εφαρμογές.

Οι μέθοδοι αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν για τη σύγκριση των δύο συστημάτων έγινε με τα βήματα που περιγράφηκαν στον δεύτερο κύκλο αξιολόγησης.

Για τα δύο βελτιωμένα πλέον συστήματα οι τελικοί χρήστες έπρεπε να κάνουν τις ίδιες λειτουργίες ώστε να συγκριθούν όμοια σενάρια χρήσης.

Οι παρακάτω λειτουργίες που κλήθηκαν να εκτελέσουν οι χρήστες αφού τους δόθηκε χρόνος να διεργαστούν τα δύο συστήματα μόνοι τους ήταν



Figure 24: Open plan office που πραγματοποιήθηκε η τελευταία φάση αξιολόγησης



Figure 25: Ο τελικός χρήστης χρησιμοποιεί την γραφική διεπαφή χρήστη



Figure 26: Ο τελικός χρήστης χρησιμοποιεί την απτή διεπαφή χρήστη

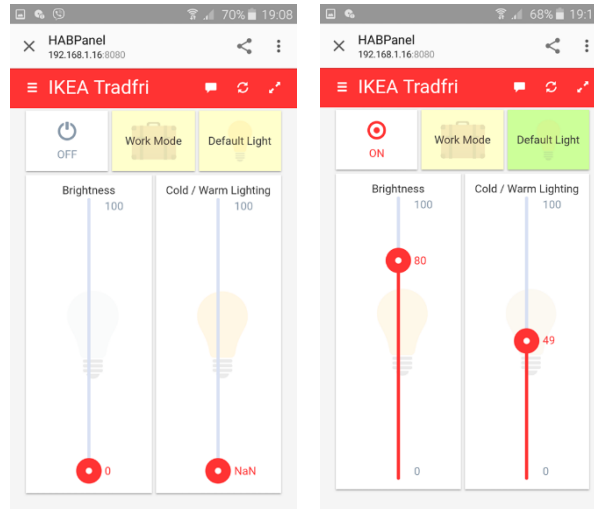


Figure 27: Η γραφική διεπαφή έπειτα από τις βελτιώσεις. Τα εικονίδια έχουν συμπυκνωθεί με τις γραπτές ενδείξεις, τα slider είναι κατακόρυφα και υπάρχουν μετρικές ενδείξεις

1. Ενεργοποίηση φωτός
2. Επιλογή work mode
3. Αύξηση θερμότητας φωτός στο μέγιστο
4. Απενεργοποίηση φωτός

Έπειτα τους δόθηκε να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο για τη γραφική διεπαφή χρήστη και ένα ερωτηματολόγιο για την απτή διεπαφή χρήστη για να υπολογιστεί το SUS score.

Τέλος έγινε μια μικρή συνέντευξη στα δύο υποκείμενα ώστε να μας εκφράσουν την εμπειρία τους και ποιο από τα δύο συστήματα θα προτιμούσαν να χρησιμοποιήσουν.

Αποτελέσματα τρίτου κύκλου αξιολόγησης

Στα αποτελέσματα του SUS score των τελικών χρηστών για ο κάθε ερωτηματολόγιο διέφεραν ως προς το αποτέλεσμα. Το πρώτο υποκείμενο έδειξε με score 99.5 για την γραφική διεπαφή ενώ το δεύτερο 88.2. Για τον διαδραστικό κύβο το score του πρώτου έδειξε 72.3 και του δεύτερου 93.2.

Στις συνεντεύξεις τους δήλωσαν και οι δύο ότι η διεπαφή είναι ευκολότερη στη μάθηση και γρηγορότερη στη χρήση. Το πρώτο υποκείμενο θα προτιμούσε να χρησιμοποιεί τη διεπαφή γιατί το κινητό είναι ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα της καθημερινότητας του.

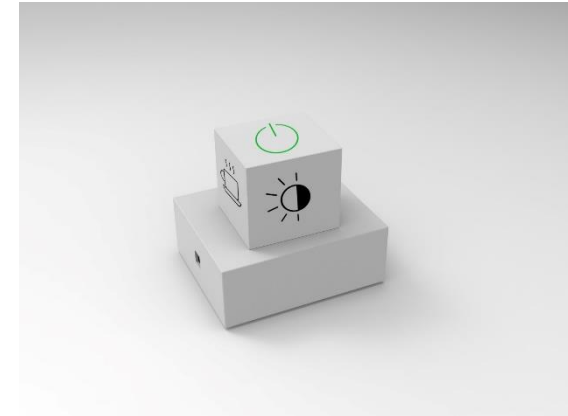


Figure 28: Η απτή διεπαφή χρήστη έπειτα από τις βελτιώσεις. Η διεπαφή αποτελείται από έναν κύβο και μια βάση.

Το δεύτερο υποκείμενο θα ήθελε περισσότερο να χρησιμοποιεί τον κύβο γιατί του αρέσει η αίσθηση παιχνιδιού που προσφέρει και το θεωρεί λιγότερο ανιαρό και συνηθισμένο.

Συμπεράσματα

Μέσα από τους τρεις κύκλους αξιολογήσεων παρατηρήθηκε πως η γραφική διεπαφή χρήστη έχει υψηλότερο SUS score (βαθμό ευχρηστίας). Επιπλέον εκτός από το υψηλότερο SUS score της γραφικής διεπαφής καταγράφηκε και μικρότερος μέσος όρος εκτέλεσης των εργασιών. Επομένως, αυτή η διεπαφή ήταν πιο εύκολη στον χειρισμό, στην σύντομη και άμεση εκμάθηση των λειτουργιών της καθώς οι χρήστες νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση και οικειότητα και θα το χρησιμοποιούσαν κάθε μέρα στον εργασιακό τους χώρο. Όμως η απτή διεπαφή χρήστη κέντρισε το ενδιαφέρον αρκετών αξιολογηθέντων καθώς τον χαρακτήρισαν πιο διασκεδαστικό στον χειρισμό του φωτός έναντι του συνηθισμένου ή της γραφικής διεπαφής. Είναι σημαντικό να σημειωθούν οι βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν και στις δύο διεπαφές. Συγκεκριμένα ο χρήστης να φτιάχνει δικά του σενάρια, να αυξηθούν τα modes και να βελτιωθεί η σαφήνεια των ονομασιών τους.

References

1. Julia Brich, Marcel Walch, Michael Rietzler, Michael Weber, "Exploring end user programming needs in home automation", 2017, DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3057858>
2. Poushter Jacob, "Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies | Pew Research Center". *Pewglobal.org*. Retrieved 2016-02-23
3. Nelson-Miller, "What is a Tangible User Interface?", *Human Machine Interfaces*, 2016
4. Karin Niemantsverdriet, Harm van Essen, Berry Eggen, "A perspective on multi-user interaction design based on an understanding of domestic lighting conflicts", 2017, Volume 21, pp 371-389
5. Offermans S., "Interacting with light", Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2016
6. Henrique Santos, Fernando Freire, S. Tenreiro de Magalhaes, Paulo Verissimo, "ECIW2009-8th European Conference on Information Warfare and Security: ECIW2009", 2009
7. Ehud Sharlin, Benjamin Watson, Yoshifumi Kitamura, Fumio Kishino, Yuichi Itoh, "On tangible user interfaces, humans and spatiality", 2004, Volume 8, pp 338-346
8. Brygg Ullmer, Hiroshi Ishii, Robert J. K. Jacob, "Token+constraint systems for tangible interaction with digital information", 2004, ACM 1073-0516/01/0300-0034
9. The Caretakers, Office partitioning and renovations, www.thecaretakers.com.au/office-layout-employee-mood-two-connected
10. Gina Belli, "Here's how many years you'll spend at work in your lifetime", 2018, www.payscale.com
11. Max Roser, "Working Hours", *Our World in Data*, www.ourworldindata.org
12. Joseph Stromberg, "How the universally hated cubicle came up", www.vox.com
13. Κουτσαμπάσης Παναγιώτης, "Αλληλεπίδραση ανθρώπου - υπολογιστή : Αρχές, μέθοδοι και παραδείγματα / Παναγιώτης Κουτσαμπάσης", 1^η έκδ. - Αθήνα : Κλειδάριθμος, 2011
14. Μαρμαράς Νίκος, "Οπτική κόπωση-Συνέπειες του κακού φωτισμού", Εισαγωγή στην εργονομία, Κεφ. 7.4, σσ 176, 2010, ISBN: 978-960-254-692-5
15. Μαρμαράς Νίκος, "Οπτική κόπωση-Συνέπειες του κακού φωτισμού", Εισαγωγή στην εργονομία, Κεφ. 7.4, σσ 177, 2010, ISBN: 978-960-254-692-5
16. Arduino, www.arduino.cc
17. Ikea, www.ikea.com
18. Openhab: www.openhab.org
19. Philips, www.usa.philips.com
20. Raspberry pi, www.raspberrypi.org
21. "Near Field Communication Tag (NFC Tag)", www.techopedia.com
22. Wemos, www.wemos.cc

