

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ / ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Κατσαράκης Μιχάλης**

**Μεταπτυχιακός Φοιτητής**

**Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης**

Επόπτης Μεταπτ. Εργασίας: Αναπλ. Καθηγήτρια, Μαρία Παπαδοπούλη

**Δευτέρα, 23 Μαρτίου 2015, 16:00**

**Αίθουσα K206, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης**

**“u-map: Ενδυναμώνοντας τους Χρήστες και τους Τηλεπικοινωνιακούς Παρόχους με την Χρήση του Παραδείγματος Συλλογής Δεδομένων από Πλήθος Φορητών Συσκευών”**

#### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η ζήτηση και η χρήση ασύρματης πρόσβασης αυξάνονται ραγδαία. Το πλήθος των φορητών συσκευών και οι ικανότητές τους, συμπεριλαμβανομένης και της δυνατότητας πρόσβασης σε πολλαπλές διεπαφές δικτύου, επίσης αυξάνονται δραματικά. Τα ασύρματα δίκτυα παρουσιάζουν “περιόδους οξείας δυσλειτουργίας”, προκαλώντας σημαντική υποβάθμιση στην απόδοση της υπηρεσίας που εκτελείται σε ασύρματες συσκευές και την αντίστοιχη εμπειρία του χρήστη. Παρόλο που παραδοσιακές μετρικές ποιότητας υπηρεσίας (QoS) μπορούν να παράσχουν κάποια εκτίμηση για την ποιότητα της επικοινωνίας, το ευρύ σύνολο των υπηρεσιών και η ετερογένεια των παρόχων και των χρηστών κάνουν την εκτίμηση της ποιότητας εμπειρίας (QoE) δύσκολη και σε μεγάλο βαθμό αδιερεύνητη. Επιπρόσθετα, σε διάφορα εγκατεστημένα δίκτυα, δεν υπάρχει αυτοματοποιημένη εποπτεία για την α) διάγνωση φτωχής ποιότητας εμπειρίας των πελατών, β) παροχή συστάσεων στους πελάτες, και γ) αποστολή ουσιαστικών αναφορών σε διαχειριστές δικτύου, παρόχους δικτύου ή υπηρεσίας, και τελικών προμηθευτών.

Η συλλογή δεδομένων από πλήθος φορητών συσκευών σε συστήματα μεγάλης κλίμακας παρέχει τη δυνατότητα να εμποτεύουμε σε πραγματικό χρόνο την ποιότητα υπηρεσίας καθώς και να εκτιμούμε και να προβλέπουμε την αντιληπτή ποιότητα εμπειρίας των υπηρεσιών από τους χρήστες.

Παρακινούμενοι από την ανάγκη να επιτρέψουμε στους χρήστες να επιλέγουν τον κατάλληλο πάροχο, ειδικά όταν επισκέπτονται ένα νέο περιβάλλον, αναπτύξαμε το σύστημα u-map. Ένας πελάτης u-map (u-map client) που εκτελείται σε μια έξυπνη συσκευή κινητής τηλεφωνίας (smartphone) μεταφορτώνει τακτικά πληροφορία σχετικά με το προφίλ του χρήστη (π.χ., απαιτήσεις του χρήστη, δυνατότητες της συσκευής), εκτιμήσεις ποιότητας εμπειρίας σχετικά με υπηρεσίες (που αναφέρονται ρητά από τον χρήστη), στατιστικά ζήτησης, δικτυακές/φασματικές συνθήκες, καθώς και τη θέση της συσκευής. Αυτή η πληροφορία αποθηκεύεται σε μια χωρο-χρονική βάση δεδομένων συνδεδεμένη στον εξυπηρετητή u-map (u-map server). Ένας πελάτης u-map μπορεί να κάνει επερωτήσεις στη βάση δεδομένων για να αποκτήσει πληροφορία σχετική με παρόχους υπηρεσίας και την ικανοποίηση των πελατών τους. Με αυτόν τον τρόπο, ένας χρήστης μπορεί να κάνει μια μελετημένη επιλογή του κατάλληλου παρόχου, όταν επισκέπτεται μια νέα περιοχή. Ο όρος «κατάλληλος» υποδηλώνει τον πάροχο που ταιριάζει περισσότερο στα κριτήρια του χρήστη (π.χ., είναι ο καλύτερος με βάση κάποια συγκεκριμένη μετρική ποιότητας υπηρεσίας, ή την ποιότητα εμπειρίας, στην εκάστοτε περιοχή, ή υποστηρίζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά). Επιπλέον, δεδομένου ότι μια έξυπνη συσκευή κινητής τηλεφωνίας μπορεί να έχει πρόσβαση σε μερικές διεπαφές δικτύου ταυτόχρονα, ένας πελάτης u-map μπορεί να επιλέξει τον κατάλληλο ασύρματο ή κυψελωτό πάροχο και διεπαφή δικτύου για την αποσυμφόρηση της κίνησης δεδομένων της συσκευής.

Αυτή η μεταπτυχιακή εργασία παρουσιάζει το σύστημα u-map και αναλύει την απόδοσή του, σε όρους κατανάλωσης ισχύος, αποκρισιμότητας, και κλιμακωσιμότητας. Για να κατανοήσουμε πως οι χρήστες αξιολογούν τέτοια συστήματα γενικά, και πως αντιλαμβάνονται την απόδοση του u-map και των υπηρεσιών του ειδικότερα, εκτελέσαμε μια μελέτη πεδίου 2 εβδομάδων με 21 πραγματικούς χρήστες. Οι εκβάσεις της ανάλυσης απόδοσης και της μελέτης πεδίου είναι ενθαρρυντικές: Η κατανάλωση ισχύος και η καθυστέρηση απόκρισης του u-map είναι σχετικά χαμηλές. Οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες υπέδειξαν ότι το u-map μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία τους και βοηθά στην ανακάλυψη δικτύων που προσφέρουν βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσίας. Κατά τη διάρκεια της μελέτης, το 30% των χρηστών ανακάλυψαν το καλύτερο διαθέσιμο δίκτυο, βελτιώνοντας ουσιαστικά την εμπειρία τους. Οι χρήστες ήταν επίσης ικανοποιημένοι με το γραφικό περιβάλλον χρήστη (GUI) του u-map και άλλα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του, καθώς και με τη γενική απόδοση της υπηρεσίας του u-map. Μια άλλη συνεισφορά της μελέτης πεδίου είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν τη χρήση του u-map. Οι τρεις πιο κυρίαρχοι παράγοντες είναι η «Ιδιωτικότητα», η «Βελτιωμένη ποιότητα εμπειρίας στην IP τηλεφωνία (VoIP)» και η «Κατανάλωση μπαταρίας». Βασισμένοι στην ανατροφοδότηση από τους χρήστες, μοντελοποιήσαμε την ικανοποίηση των χρηστών σχετικά με το u-map σαν μια συνάρτηση ωφελιμότητας. Το μοντέλο μπορεί να προβλέπει τη γενική βαθμολογία της ικανοποίησης των χρηστών σχετικά με το u-map με ακρίβεια. Επίσης δείξαμε τη

γενικότητα του u-map, επεκτείνοντας τη λειτουργικότητά του σε άλλες περιοχές, όπως δίκτυα διανομής νερού και ιατρικές εφαρμογές. Αυτή η εργασία θέτει τη μεθοδολογική βάση για την αξιολόγηση τέτοιων συστημάτων συστάσεων που μπορούν να ενδυναμώσουν τους χρήστες στις ασύρματες αγορές και να βελτιώσουν τις υπηρεσίες τους.

## **“u-map: Empowering Users and Telecom Providers by Employing the Crowd-Sourcing Paradigm”**

### **ABSTRACT**

Wireless access, use and traffic demand are on a fast rise. The number of mobile devices and their capabilities, accessing potentially multiple wireless network interfaces, also increase dramatically. Wireless networks experience “periods of severe impairment”, causing severe degradation to the performance of the service running on wireless devices and to the respective user experience. While traditional quality of service (QoS) metrics can provide some insight into the quality of the communication, the diverse set of services and heterogeneity of network operators and users make the estimation of the quality of experience (QoE) challenging and still largely under-explored. Furthermore, in various production network environments, there is no automated monitoring to a) diagnose customers' poor QoE, b) provide recommendations to customers, and c) send meaningful feedback to the network operators, application/service providers, and terminal vendors.

The crowd-sourcing and participatory sensing in large-scale systems provide the capability to monitor in real-time the QoS as well as to estimate and predict the perceived QoE of services.

Motivated by the need to enable users to select the appropriate provider/operator, especially when visiting a new environment, we developed the u-map system. A u-map client running on a smartphone uploads in regular basis information about the user profile (e.g., service requirements, device capabilities), QoE feedback about services (as indicated explicitly by the user), traffic demand statistics, network/spectrum conditions, and position of the device. This information is stored in a spatio-temporal geo-database, attached to a u-map server. A u-map client may query this database to obtain information about service providers and their customers' satisfaction. In that way, a user can make an educated selection of the appropriate provider, when visiting a new area. The term appropriate denotes the provider that best matches the user's criteria (e.g., it is the best in term of a certain QoS metric, or in QoE, in that area, or it supports specific features). Moreover, given that a smartphone may have access to several network

interfaces simultaneously, a u-map client may select the appropriate wireless or cellular operator and network interface for offloading its traffic.

This thesis presents the u-map system and analyzes its performance, in terms of power consumption, responsiveness, and scalability. To understand how users assess such systems in general, and how they perceive the performance of u-map and its services specifically, we performed a 2-week field study with 21 real users. The outcomes of the performance analysis and the field study are encouraging: The power consumption and response delay of u-map are relatively low. Most of the participants indicated that u-map can improve their experience and helps in the discovery of networks that offer improved QoS. During the study, 30% of users discovered the best available network, improving substantially their experience. Users were also satisfied with the graphical user interface (GUI) of u-map and other specific features, as well as the overall performance of the u-map service. Another contribution of the field study is the determination of the factors that affect the use of u-map. The three most dominant factors are the "Privacy", "Improved QoE of VoIP", and "Battery consumption". Based on user feedback, we modeled the user satisfaction about u-map as a utility function. The model can predict the overall score of the user satisfaction about u-map accurately. We also showed the generality of u-map, by extending its functionality in other domains, such as water distribution networks and medical applications. This work also sets the methodological basis for evaluating such recommendation systems that can empower users in access markets and improve their services.