

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ / ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Γκίγκης Πέτρος  
Μεταπτυχιακός Φοιτητής**

**Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης  
Επόπτης Μεταπτ. Εργασίας: Επικ. Καθηγητής, Ξ. Δημητρόπουλος**

**Πέμπτη, 07/06/2018, 12:00  
Αίθουσα B108, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης**

**“Μέτρηση της Διαδικτυακής Σύνδεσης Πληθυσμών Χρηστών με Χρήση Ενεργών  
Μετρήσεων”**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Το Διαδίκτυο βελτιώνεται διαρκώς όσον αφορά την παροχή περιεχομένου στους τελικούς χρήστες. Αυτή η βελτίωση βασίζεται σε μεγάλους παίκτες όπως το Google και το Facebook. Παρ' όλα αυτά, η εκτεταμένη χρήση εφαρμογών χρήστη-προς-χρήστη (π.χ., peer-to-peer, Blockchain) θέτει το ερώτημα για το πώς οι τελικοί χρήστες συνδέονται μεταξύ τους. Το ερώτημα τονίζεται περαιτέρω από το γεγονός ότι έχουν αναφερθεί πολλαπλά ύποπτα περιστατικά χειραγώγησης μονοπατιών για επικοινωνίες χρήστη προς χρήστη, μεταξύ δικτύων εντός μίας χώρας.

Σε αυτήν την εργασία, χρησιμοποιούμε ενεργές μετρήσεις (δηλαδή traceroutes μεταξύ μετρητικών συσκευών RIPE Atlas) και δημοσίως διαθέσιμα δεδομένα, για να διερευνήσουμε τη διασύνδεση των δικτύων που εξυπηρετούν τους μεγαλύτερους πληθυσμούς χρηστών σε οποιαδήποτε δεδομένη χώρα. Συνδυάζουμε τις εκτιμήσεις του πληθυσμού των χρηστών ανά αυτόνομο σύστημα (AS) από το APNIC, με τις μετρήσεις επιπέδου δεδομένων (traceroutes) και εξάγουμε συμπεράσματα σχετικά με τη συνδεσιμότητα χρηστών για 114 χώρες, στην πάροδο του χρόνου. Προκειμένου να

μελετήσουμε τις πτυχές συνδεσιμότητας ανά χώρα, κατασκευάζουμε ένα framework που αποθηκεύει και επεξεργάζεται μαζικά δεδομένα traceroute, καθιστώντας τα επεξεργασμένα αποτελέσματα διαθέσιμα μέσω ενός online δημόσιου API. Σε μηνιαία βάση, αναλύουμε ~420K traceroute μονοπάτια, από ~3,5K RIPE Atlas συσκευές σε ~2,6K αυτόνομα συστήματα.

Εξάγουμε στατιστικά στοιχεία και πραγματοποιούμε συγκρίσεις μεταξύ χωρών όσον αφορά: (i) τα μονοπάτια που εξέρχονται από τη χώρα έναντι εκείνων που παραμένουν εντός των χωρών, (ii) τις άμεσες συνδέσεις έναντι των συνδέσεων μέσω ενδιάμεσων δικτύων, (iii) τις διελεύσεις μέσω IXP (Internet eXchange Point) έναντι των διελεύσεων εκτός IXP. Μεταξύ των αποτελεσμάτων μας, παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου το 20% έως 50% των συνδέσεων μεταξύ χρηστών στην Ελλάδα διασχίζει ένα IXP, ενώ στις Η.Π.Α., το ποσοστό τέτοιων συνδέσεων είναι μόλις 3%. Επιπλέον, προτείνουμε μια μεθοδολογία για να μετρήσουμε το ποσοστό των συνδέσεων χρηστών που διασχίζουν ενδιάμεσα δίκτυα. Για παράδειγμα, στις Η.Π.Α. το 8% των συνδέσεων μεταξύ χρηστών διέρχεται μέσω του δικτύου ενός μεγάλου παρόχου υπηρεσιών, σταθερά στον χρόνο. Εκτός από τα δίκτυα που καλύπτουν τις μεγαλύτερες πληθυσμιακές ομάδες σε μία χώρα, εξετάζουμε και τις διαφορές μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων Διαδικτύου (IPv4 / IPv6) όσον αφορά το μήκος των μονοπατιών, τα μονοπάτια που μένουν εντός ή εξέρχονται από μια χώρα, καθώς και τις διελεύσεις μέσω IXP. Παρατηρούμε ότι τα μονοπάτια του IPv6 είναι μικρότερα ως προς το μήκος από τα αντίστοιχα του IPv4 σε όλες σχεδόν τις χώρες. Επιπλέον, στις ΗΠΑ το ποσοστό μονοπατιών που διασχίζουν ένα IXP στο IPv6 είναι ~50%, δηλ. δύο φορές μεγαλύτερο από ό,τι στο IPv4. Τέλος, αξιολογούμε την πληθυσμιακή κάλυψη της πλατφόρμας του RIPE Atlas σε όλο τον κόσμο.

**Gigis Petros**

**M.Sc. Thesis**

**Computer Science Department**

**University of Crete**

**Master's Thesis Supervisor: Assistant Professor, X. Dimitropoulos**

**Thursday, 07/06/2018, 12:00**

**Room B108, Computer Science Dept., University of Crete**

## **“Measuring Internet Connectivity Between User Populations Using Active Measurements”**

### **ABSTRACT**

The Internet is getting better and better at delivering content to end-users; this shift is spearheaded by Internet giants such as Google and Facebook. Nevertheless, a number of applications (e.g., peer-to-peer, Blockchain) rely on user-to-user connections, which raises the –still open– question of how end-users are connected with each other. This is further stressed by the fact that multiple suspicious incidents of path manipulation for user- to-user communications have been reported.

In this work, we use active measurements (i.e., traceroutes between RIPE Atlas vantage points) and publicly available datasets to explore the interconnectivity of the user-facing networks with the largest user populations in any given country. We combine user population per autonomous system (AS) estimates from APNIC with data plane measurements and provide insights into the user-to-user connectivity for 114 countries, over time. In order to study per-country interconnectivity, we construct a framework that stores and processes massive traceroute datasets, making refined results available via an online public API. On a monthly basis, we analyze ~420K traceroute paths, from ~3,5K RIPE Atlas probes in ~2,6K ASes.

We derive statistics and comparisons between countries in terms of: (i) out-of-country vs. in-country paths, (ii) direct connections vs. intermediary networks, (iii) IXP crossings vs. non-IXP crossing paths. We discover among other findings that over time 20% to 50% of the user-to-user connections in Greece cross an IXP; while in the U.S., the fraction of such connections is only ~3%. We also propose a methodology to infer the transit betweenness of networks in the user-to-user paths. For example, in the U.S. 8% of the user-to-user connections flow through the incumbent provider, consistently in time. Besides, we go beyond eyeball networks, and focus on the differences between the two Internet protocols (IPv4/IPv6) in terms of path lengths, paths staying in or going out of a country, as well as IXP crossings. We observe paths in IPv6 to be shorter than IPv4 for almost all countries. Moreover, in the U.S. the fraction of paths that cross an IXP in IPv6 is ~50%; two times more than in IPv4. Finally, we evaluate the coverage of RIPE Atlas on user populations around the globe.