**Socket Intents: Leveraging Application Awareness**

**για συνδεσιμότητα πολλαπλής πρόσβασης**

Philipp S. Schmidt1 , Theresa Enghardt1 , Ramin Khalili1,2, Anja Feldmann1 {philipp, theresa, ramin, anja} @inet.tu-berlin.de TU Berlin1 / Telekom Innovation Laboratories2

**ΑΦΗΡΗΜΕΝΗ**

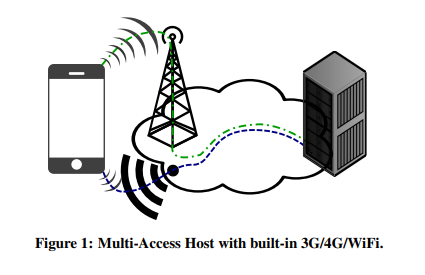
Στο σημερινό Διαδίκτυο, σχεδόν όλες οι τελικές συσκευές έχουν πολλαπλές διεπαφές. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να εναλλάσσουν την πρόσβαση απρόσκοπτα μεταξύ διαφορετικών δίκτυών ή ακόμη και να τα χρησιμοποιούν ταυτόχρονα· για καλύτερη χρήση των πόρων που έχουν στη διάθεσή τους και για την καλύτερη ικανοποίηση των αναγκών τους. Αυτό αναφέρεται ως εκφόρτωση δεδομένων κινητής τηλεφωνίας και έχει λάβει πολλή προσοχή πρόσφατα τόσο στην ερευνητική κοινότητα όσο και στον κλάδο. Ωστόσο, όλες οι προτεινόμενες λύσεις δεδομένων είτε βασίζονται σε πολιτικές στατικής διαμόρφωσης είτε είναι αντιδραστικές και όχι προληπτικές όσον αφορά στις ανάγκες της εφαρμογής. Σε αυτό το άρθρο, προτείνουμε μια προληπτική προσέγγισης εφαρμογής, την Socket Intents. Τα Socket Intents αυξάνουν τη διεπαφή υποδοχής για να επιτρέψει στην εφαρμογή να εκφράσει όσα γνωρίζει για τα μοτίβα και τις προτιμήσεις επικοινωνίας της. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιούνται από τις προληπτικές πολιτικές μας για την επιλογή της κατάλληλης διεπαφής, συντονίστε τις παραμέτρους του δικτύου ή ακόμη και συνδυάστε πολλαπλές διεπαφές. Παρέχουμε μια πρωτότυπη υλοποίηση των Socket Intents και παρουσιάζουν μια πρώτη αξιολόγηση των Προθέσεων και των πλεονεκτημάτων τους.

**Λέξεις-κλειδιά**

Socket Intents; Socket API; Διεπαφές προγραμματισμού δικτύου; Application Awareness; Συνδεσιμότητα πολλαπλής πρόσβασης. Σωστοί δεσμοί δικτύου.

**1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Πριν από δέκα χρόνια, οι περισσότεροι πελάτες είχαν έναν μόνο τρόπο σύνδεσης το Διαδίκτυο (συνήθως WiFi για φορητούς υπολογιστές, GPRS για smartphone, Ethernet για σταθμούς εργασίας). Σήμερα, σχεδόν όλες οι συσκευές έχουν ενσωματωμένες πολλαπλές διεπαφές. Για παράδειγμα, σχεδόν όλα τα smartphone έχουν ενσωματωμένες διεπαφές 3G/4G καθώς και WiFi, βλέπε Εικόνα 1, ενώ οι περισσότεροι φορητοί υπολογιστές έχουν επιπλέον διασυνδέσεις Ethernet. Επιπλέον, μπορούν απρόσκοπτα να εναλλάσσονται μεταξύ της χρήσης της μιας ή της άλλης διεπαφής ή ακόμα και να χρησιμοποιούν πολλά από αυτά ταυτόχρονα. Αυτό αναφέρεται συχνά ως Συνδεσιμότητα πολλαπλής πρόσβασης.



Η συνδεσιμότητα πολλαπλής πρόσβασης μας δίνει τη δυνατότητα να θέσουμε την ερώτηση για την εκφόρτωση δεδομένων κινητής τηλεφωνίας που έχει τραβήξει μεγάλη προσοχή πρόσφατα στην ερευνητική κοινότητα, π.χ., [8, 2], καθώς και στη βιομηχανία, π.χ. [4]. Το κίνητρο είναι ότι η απόδοση που παρέχει η κάθε τεχνολογία δικτύου διαφέρει, π.χ. ως προς το εύρος ζώνης, καθυστέρηση, διαθεσιμότητα, συμφόρηση, κόστος ανά byte και κόστος ενέργειας. Για παράδειγμα, το WiFi εάν δεν είναι συμφορημένο παρέχει υψηλότερο εύρος ζώνης από το 3G και επομένως μπορεί να είναι προτιμότερο, το δίκτυο 3G προτιμάται εάν το δίκτυο WiFi είναι συμφορημένο. Επιπλέον, 3G και 4G λειτουργεί ακόμα κι αν ο χρήστης δεν έχει πλέον πρόσβαση στο WiFi. Φυσικά το 4G προσφέρει επί του παρόντος υψηλότερο εύρος ζώνης αιχμής ακόμη και από τις περισσότερες γραμμές DSL, αλλά είναι κοινό μέσο και επομένως επιρρεπές στη συμφόρηση. Έτσι, υπάρχουν πολλές δυνατότητες βελτιστοποίησης στις συσκευές όσον αφορά την επιλογή ή το συνδυασμό των κατάλληλων διεπαφών.

Προηγούμενες εργασίες σε αυτόν τον τομέα επικεντρώνονταν είτε στην περίπτωση εκφόρτωσης, επιλέγοντας μια κατάλληλη διεπαφή ή χρησιμοποιώντας πολλαπλές διεπαφές σε παράλληλο. Για παράδειγμα, για την περίπτωση εκφόρτωσης αναφερόμαστε, π.χ., στον Lee et al. [8] που αποδεικνύουν μέσω μιας ποσοτικής μελέτης την απόδοση όφελος από τη μεταφόρτωση δεδομένων κινητής τηλεφωνίας 3G σε δίκτυα WiFi και οι Bal asubramanian et al. [2] που προτείνουν τον Wiffler να αυξήσει την χωρητικότητα του κινητόυ 3G με WiFi. Για την επιλογή μιας διεπαφής, π.χ. στην εργασία στο πλαίσιο πολλαπλών κατοικιών IPv6 [9, 14], που σχετίζεται με το DNS προσεγγίσεις, π.χ., RFC6419 [15] ή προσεγγίσεις εντοπισμού/αναγνωριστικού, π.χ., [10]. Η πιο πρόσφατη εργασία για τη χρήση πολλαπλών διεπαφών στο παράλληλο είναι το Multipath TCP [5, 11].

Ωστόσο, όλες οι παραπάνω λύσεις είτε βασίζονται σε πολιτικές στατικής διαμόρφωσης είτε είναι αντιδραστικές και όχι προληπτικές όσον αφορά στις ανάγκες της εφαρμογής. Ενώ αντιδραστικές λύσεις όπως το Multipath TCP μπορεί να κατανείμει αποτελεσματικά την κυκλοφορία σε πολλαπλούς συνδέσμους, μπορούν να αντιδρούν μόνο σε επιδράσεις όπως η συμφόρηση, το RTT και άλλα που παρατηρούνται ξανά καθ' όλη τη διάρκεια της μεταφοράς και επομένως μόνο μακροχρόνιες ροές μπορούν να επωφεληθούν από αυτό.

Σε αυτό το έγγραφο, προτείνουμε μια προληπτική, ενημερωμένη εφαρμογή: Socket Intents. Για παράδειγμα, εάν ο χρήστης του έξυπνου τηλεφώνου του Σχήματος 1 θέλει να κατεβάσει τα πιο πρόσφατα αποτελέσματα ποδοσφαίρου ή τιμές μετοχές αγοράς, τα περισσότερα αντικείμενα θα είναι μικρά και η καθυστέρηση είναι κρίσιμη. Ωστόσο, εάν έχει πρόσβαση στο νεότερο ηλεκτρονικό βιβλίο, το εύρος ζώνης είναι μεγαλύτερο. Ένα από τα βασικά προβλήματα όμως είναι ότι το επίπεδο μεταφοράς και το επίπεδο δικτύου συνήθως δεν έχει ιδέα για το μέγεθος των ληφθέντων δεδομένων ούτε τη συνάφεια με τον χρήστη. Ωστόσο, αυτές οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην εφαρμογή. Επομένως, τα Socket Intents αυξάνονται τη διεπαφή υποδοχής για να επιτρέψει στην εφαρμογή να εκφράσει τις προτιμήσεις επικοινωνίας της. Εδώ, οι προτιμήσεις μπορούν να αναφέρονται σε υψηλό εύρος ζώνης, χαμηλή καθυστέρηση, ελαστικότητα σύνδεσης κ.λπ. στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν από τις δυναμικές προληπτικές πολιτικές μας για να επιλέξει την κατάλληλη διεπαφή, να συντονίσει τις παραμέτρους δικτύου ή ακόμα και να συνδυάσει πολλαπλές διεπαφές.

Η βασική παρατήρηση ότι η αίτηση που έχει κρίσιμες πληροφορίες δεν είναι νέα, αλλά έχει γίνει στο παρελθόν στο πλαίσιο της Ποιότητας εξυπηρέτησης. Η κύρια διαφορά μεταξύ QoS και μιας προσέγγιση Socket Intents είναι, όπως συνοψίζεται έξυπνα από το CoNEXT

TPC, ότι με την προσέγγιση Socket Intents, «(. . . . ) η εφαρμογή λέει αυτό που ξέρει σε αντίθεση με αυτό που θέλει, όπως σε προηγούμενη εργασία QoS". Επομένως, η εφαρμογή εκφράζει αυτά που γνωρίζει για την επικοινωνία, πώς μπορεί να είναι η κίνηση και τι μπορεί να ανεχθεί η εφαρμογή. Με βάση αυτή τη γνώση, οι πολιτικές μας μπορούν να πάρουν το πλεονέκτημα της διεπαφής QoS, εάν είναι διαθέσιμο, αλλά δεν βασίζεται σε αυτό καθώς οι διαφορετικές τεχνολογίες διεπαφής από προεπιλογή προσφέρουν διαφορετικά χαρακτηριστικά QoS.

Ενώ τα Socket Intents είναι εμπνευσμένα από το Intentional Networking [6], Το σύστημά μας εστιάζει στην ενεργοποίηση περίπλοκων πολιτικών αντί να έχει ένα σταθερό. Επεκτείνουμε το Socket API στη σουίτα πρωτοκόλλων Διαδικτύου αντί να δημιουργούμαι ένα στρώμα επικάλυψης σε πολλές σουίτες πρωτοκόλλων. Έτσι, η χρήση του συστήματός μας απαιτεί μόνο ελάχιστες αλλαγές στο socket interface καθώς με τις εφαρμογές είναι σταδιακά αναπτύξιμο.

Συνοπτικά, το σύστημά μας αποτελείται από (i) μια βιβλιοθήκη επαυξημένης υποδοχής για την επικοινωνία των αναγκών της εφαρμογής, (ii) ένα σύνολο πολιτικές για την επιλογή ή το συνδυασμό κατάλληλων διεπαφών δικτύου και (iii) μηχανισμοί συνδυασμού ή επιλογής διεπαφών.

Η βασική μας συμβολή είναι η εισαγωγή της έννοιας Προθέσεων του Socket μαζί με μια πρωτότυπη υλοποίηση και μια πρώτη αξιολόγηση. Τα Socket Intents παρέχουν:

• Ένα γενικό σχήμα που επιτρέπει στις εφαρμογές να εκφράσουν τις δικές τους γνώσεις και ανάγκες για την επικοινωνία τους σε μια σύνδεση.

• Μια διεπαφή για την ικανοποίηση των αναγκών των εφαρμογών με την καλύτερη δυνατή προσπάθεια χωρίς να απαιτείται QoS.

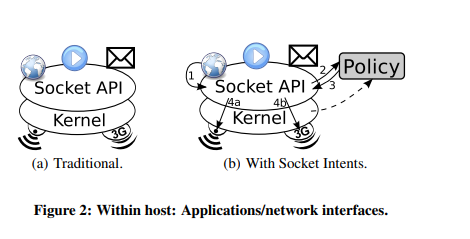
Το υπόλοιπο αυτής της εργασίας είναι δομημένο ως εξής: Πρώτα εμείς παρέχουμε μια επισκόπηση των προθέσεων υποδοχής από ένα σημείο συστήματος που προβάλετε και παρουσιάζουμε ένα σύνολο προθέσεων υποδοχής για να εκφράσουν οι εφαρμογές τις ανάγκες τους. Στη συνέχεια περιγράφουμε την πρωτότυπη υλοποίηση μας με περισσότερες λεπτομέρειες και παρουσιάζουμε μια πρώτη αξιολόγηση που απεικονίζει μια πιθανή χρήση των προθέσεων και τα οφέλη τους. Τέλος, ολοκληρώνουμε την εργασία μας με προοπτική και πιθανά επόμενα βήματα.

**2. ΠΡΟΘΕΣΕΙΣ ΠΡΙΖΑ**

Ο στόχος του Socket Intents είναι να επιτρέψει στις εφαρμογές να εκφράσουν τις επικοινωνιακές τους προτιμήσεις προκειμένου να επωφεληθούν από τις διάφορες διεπαφές δικτύου. Υποθέτουμε ότι οι εφαρμογές καθορίζουν τις προτιμήσεις τους με εγωιστικό, αλλά όχι κακόβουλο τρόπο και ότι είναι επάνω στην πολιτική εξεύρεσης συμβιβασμού μεταξύ των απαιτήσεων. Επομένως, η εγωιστική συμπεριφορά δεν βλάπτει άλλες εφαρμογές όπως θα έκανε η ιεράρχηση προτεραιοτήτων. Στη συνέχεια θα συζητήσουμε και θα προσδιορίσουμε τις προθέσεις που πρέπει να τοποθετηθούν στη διεπαφή και ποιες είναι οι προκλήσεις.

**2.1 Έννοια**

Ας δούμε πώς λειτουργεί η επικοινωνία στα σημερινά λειτουργικά συστήματα, βλ. Εικόνα 2(α). Για να ξεκινήσει, η εφαρμογή ζητά μια υποδοχή, είτε TCP είτε UDP, μέσω του Socket API, της σημερινής σχεδόν καθολικής διεπαφής. Στη συνέχεια, το λειτουργικό σύστημα αντιστοιχίζει την υποδοχή σε μια συγκεκριμένη διεπαφή δικτύου και καθορίζει την εσωτερική πολιτική και στη συνέχεια τη χρησιμοποιεί για την επικοινωνία. Η σταθερή εσωτερική πολιτική λαμβάνει επί του παρόντος ελάχιστες πληροφορίες από το εφαρμογή.



Για να επωφεληθεί από τις γνώσεις της εφαρμογής σχετικά με την επερχόμενη επικοινωνία, ο προγραμματιστής πρέπει να περάσει τις πληροφορίες ώστε να είναι διαθέσιμες εντός της εφαρμογής μαζί με το αίτημα για επικοινωνία. Εάν δεν παρέχονται πληροφορίες, το ΛΣ μπορεί μόνο να βασιστεί και να αντιδρά στις πληροφορίες που μπορεί να συλλέξει από την ίδια την επικοινωνία.

Υπάρχουν δύο βασικές επιλογές για να προσθέσετε περισσότερες πληροφορίες: είτε να τροποποιήστε τον πυρήνα ή να επεκτείνετε το Socket API. Επιλέγουμε το δεύτερο καθώς είναι απλούστερο και ευκολότερο στη μεταφορά. Πιο συγκεκριμένα, αποφασίσαμε να επιμείνουμε στην τροποποίηση του χώρου χρήστη. Αντίστοιχα, επαυξάνουμε τη βιβλιοθήκη του Socket API με πρόσθετες επιλογές υποδοχής και προσθέτουμε έναν ρητό διαχειριστή πολιτικής χώρου χρήστη, Εικόνα 2(β). Μετά από ένα αίτημα στο (1) αναγνωρίζοντας μια επιλογή Socket Intent, η βιβλιοθήκη Socket (2) καλεί το χρήστη διαχειριστή πολιτικής χώρου, ο οποίος μπορεί στη συνέχεια (3) να επιλέξει είτε μια μόνο διεπαφή ή πολλαπλές διεπαφές. Αυτό χρησιμοποιείται στη συνέχεια για την παράκαμψη του (4) της πολιτικής διεπαφής πυρήνα.

Έχοντας δηλώσει αυτή την αρχιτεκτονική του συστήματος, τα βασικά ερωτήματα σχεδιασμού είναι:

• Ποιες προθέσεις;

• Ποια πολιτική;

• Χρειάζονται οι πολιτικές πρόσθετες πληροφορίες;

Όσον αφορά την υλοποίηση των προθέσεων υποδοχής, τα ερωτήματα του συστήματος είναι:

• Πώς να προσθέσετε Socket Intents στη βιβλιοθήκη Socket;

• Πώς να ενεργοποιήσετε τις αλληλεπιδράσεις με την πολιτική;

• Πώς να πολώσετε την επιλογή της διεπαφής, π.χ. επιλέγοντας πηγή και διευθύνσεις IP προορισμού;

**2.2 Προθέσεις Εφαρμογών**

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο στόχος του Socket Intents είναι να ενεργοποιήσει τις εφαρμογές για να εκφράσουν τις επικοινωνιακές τους προτιμήσεις. Εδώ η προτίμηση επικοινωνίας αναφέρεται σε επιθυμητά χαρακτηριστικά, π.χ. χαμηλή καθυστέρηση ή υψηλή απόδοση και είναι προαιρετική πληροφορία. Οι προθέσεις είναι καθαρά συμβουλευτικές. Δεν προορίζονται να καθορίζουν σκληρές απαιτήσεις ή να συνεπάγονται εγγυήσεις QoS. Μάλλον λογίζονται με βάση την καλύτερη δυνατή προσπάθεια. Ωστόσο, τα Socket Intents είναι εμπνευσμένα από το DiffServ καθώς και IntServ με την έννοια ότι καθορίζουν κατηγορίες κυκλοφορίας ανά βάση σύνδεσης.

Ας ξεκινήσουμε με μερικά παραδείγματα: (i) Εάν το λογισμικό προστασίας από ιούς χρειάζεται μια ενημέρωση αυτό συνήθως συνεπάγεται τη λήψη ενός μεγάλου αρχείου. Αυτό είναι μαζική μεταφορά για την οποία η εφαρμογή μπορεί να γνωρίζει ήδη το μέγεθος του αρχείου. Ο χρονισμός είναι συνήθως μη κρίσιμος και τα δεδομένα μπορούν να φορτωθούν ως κίνηση στο παρασκήνιο. Δεν θα έβλαπτε εάν η σύνδεση TCP έκλεινε κατά τη μεταφορά, καθώς η λήψη μπορεί να συνεχιστεί. Για αυτή τη σύνδεση η εφαρμογή μπορεί να ορίσει τη γενική μαζική μεταφορά κατηγορίας. Οι πρόσθετες πληροφορίες που παρέχονται μπορούν να είναι το μέγεθος αρχείου, επικαιρότητα και ανθεκτικότητα. (ii) Εάν θέλετε να παρακολουθήσετε ένα βίντεο συνήθως σημαίνει χρήση μιας εφαρμογής ροής. Αυτή είναι μια μεταφορά ροής για την οποία η εφαρμογή μπορεί να γνωρίζει τον ρυθμό μετάδοσης bit και τη διάρκεια. Μάλλον δεν θέλει να αποσυνδεθεί η σύνδεση TCP, επειδή μπορεί να έχει ένα αποτέλεσμα που είναι ορατό στον χρήστη. Μπορεί να βάλετε αυτή τη σύνδεση στη γενική κατηγορία μεταφοράς ροής με πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τη διάρκεια, το bitrate και την ανθεκτικότητα.

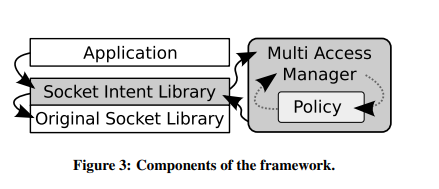
Με βάση αυτή τη φιλοσοφία, προτείνουμε ένα σύνολο επιλογών Socket Intent, βλέπε Πίνακα 1. Τα Socket Intent είναι προαιρετικά με την έννοια ότι δεν απαιτούνται, αλλά μπορεί να καθοριστεί οποιοσδήποτε αριθμός από αυτούς. Αυτοί είναι δομημένοι ιεραρχικά, ξεκινώντας με την επιλογή «κατηγορία» με πιθανές τιμές ερωτήματος, μαζική μεταφορά, έλεγχος κυκλοφορίας, ροή που πραγματοποιούνται ως enum(αρίθμηση).Τότε έχουμε πιο συγκεκριμένες επιλογές οι οποίες περιλαμβάνουν το μέγεθος αρχείου, τη διάρκεια της ροής, τον αναμενόμενο ρυθμό μετάδοσης bit, αν η κυκλοφορία είναι άστατη, αν έχει σημασία η επικαιρότητα της ολοκλήρωσης της ροής και πόσο ανθεκτική είναι η εφαρμογή έναντι της απώλειας σύνδεσης. Καθένα από αυτά μπορεί να είναι είτε αριθμοί είτε ακέραιοι. Σημειώστε ότι αυτά είναι επεκτάσιμα και ο πίνακας 1 είναι μόνο μια πρώτη πρόταση.

Εικόνα που περιέχει πίνακας

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

**2.3 Πολιτικές**

Ο σχεδιασμός του συστήματός μας τοποθετεί το πιο δύσκολο πρόβλημα, την πραγματική απόφαση ποια διεπαφή(ες) θα χρησιμοποιηθεί για ποια επικοινωνία, στη συνιστώσα πολιτική. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στη συγκεκριμένη πολιτική τι είναι πιο ωφέλιμο πιθανότατα θα εξαρτηθεί από τη διαμόρφωση του στον κεντρικό υπολογιστή, την τρέχουσα τοποθεσία, την τρέχουσα διαθεσιμότητα δικτύου κ.λπ. Επειδή αυτό είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα, αποφασίσαμε να μην εστιάσουμε σε αυτό μια συγκεκριμένη πολιτική αλλά να παρέχουμε ένα γενικό πλαίσιο εντός του οποίου μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει και να αξιολογήσει διαφορετικές πολιτικές. Αντίστοιχα, τα στοιχεία συστήματος του σχεδιασμού μας συνοψίζονται στο Σχήμα 3.



Δεν αντιμετωπίζουμε το πρόβλημα του πώς να βρούμε μια εύλογα αγαθή πολιτική σε αυτό το έγγραφο, ωστόσο για την υλοποίηση του πρωτοτύπου μας χρειαζόμαστε κάποιες πολιτικές για να ξεκινήσουμε. Μεταξύ των πιο προφανών πολιτικών είναι οι εξής: χρήση διεπαφών υψηλού εύρους ζώνης για αιτήματα εφαρμογής της κατηγορίας μαζική μεταφορά και χαμηλή καθυστέρηση , διεπαφές για αιτήματα εφαρμογής του ερωτήματος κατηγορίας. Με το δικό μας Socket Intents, δίνουμε τη δυνατότητα στην πολιτική να αποφασίσει τι θα βελτιστοποιήσει για κάτι που διαφορετικά θα ήταν αδιευκρίνιστο. Ωστόσο, ακόμα και σε αυτό το απλό η πολιτική έχει ορισμένα όρια για την υλοποίηση πολιτικών χωρίς πρόσθετες πληροφορίες. Πώς μπορεί η πολιτική να συμπεράνει ότι είναι μια διεπαφή υψηλού εύρους ζώνης ή χαμηλής καθυστέρησης; Αυτές είναι πληροφορίες που μπορούν μόνο να προέρχονται μέσω διαμόρφωσης ή μετρήσεων. Ως εκ τούτου, αποφασίσαμε να προσθέσουμε τόσο μια διεπαφή διαμόρφωσης όσο και μια στατιστική διεπαφή με το πρωτότυπό μας.

Τέλος, οι πολιτικές δεν περιορίζονται στη χρήση μιας ενιαίας διεπαφής αν το πρωτόκολλο μεταφοράς υποστηρίζει την ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών. Οι πολιτικές στο τρέχον πρωτότυπο χρησιμοποιούν επιλογές υποδοχής για τον έλεγχο χρήσης MPTCP [11] ή πολλαπλών διαδρομών στο SCTP [13]. Μελλοντικά οι εκδόσεις θα ενσωματώνουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πολιτικών μας και την επιλογή διαδρομής MPTCP και SCTP.

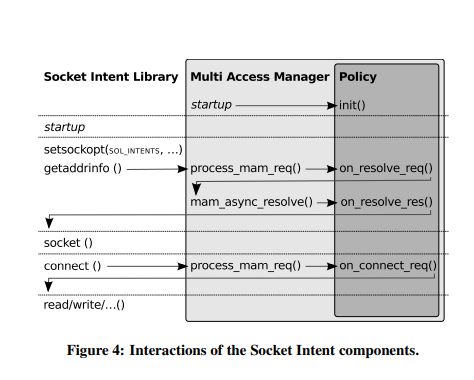
**3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ**

Η υλοποίηση του Socket Intents αποτελείται από τρία στοιχεία :το Multi Access Manager (MAM), τις πολιτικές και τη βιβλιοθήκη Socket Intent, βλέπε Εικόνα 3, το καθένα υλοποιείται σε C και είναι συμβατό με Linux καθώς και MacOS.

Πραγματοποιούμε την επιλογή της διεπαφής δικτύου επιλέγοντας τη διεύθυνση πηγής της νέας σύνδεσης. Ενώ αυτή η προσέγγιση φαίνεται να είναι ένα hack στην αρχή, απλώς παρακάμπτει μια απόφαση που συνήθως γίνεται από τον πυρήνα με βάση μια πολύ απλή πολιτική και το πίνακα δρομολόγησης με πιο τεκμηριωμένη απόφαση.

Επιπλέον, μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε επιλέγοντας μεταξύ των δυνατών λύσεων εναλλακτικές για τη διεύθυνση προορισμού. Αυτό είναι δυνατό γιατί ένα μεγάλο μέρος του περιεχομένου, ειδικά σχεδόν όλο το περιεχόμενο που παρέχεται μέσω των Δικτύων Διανομής Περιεχομένου (CDN), εξυπηρετείται από πολλαπλούς διακομιστές που μπορούν να επιλυθούν από ένα μόνο όνομα κεντρικού υπολογιστή. Επιπλέον, για ένα μόνο όνομα κεντρικού υπολογιστή, μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές μεταφράσεις εάν ζητηθεί μέσω διαφορετικών διεπαφών ή από διαφορετικούς διακομιστές ονομάτων ως αποτέλεσμα βελτιστοποιήσεων από ένα CDN.

Οι λειτουργίες καθώς και οι μεταφορές ελέγχου που πραγματοποιούν τους μηχανισμούς που αναφέρονται παραπάνω φαίνονται στο σχήμα 4. Το τελευταίο σχήμα υπογραμμίζει ότι δεν αρκεί απλώς να τροποποιήσετε την πρίζα και τις συνδέσεις κλήσεων. Μάλλον χρειαζόμασταν επίσης να τροποποιήσουμε τη διεπαφή στον Αναλυτή που χειρίζεται τη μετάφραση του ονόματος κεντρικού υπολογιστή στη διεύθυνση IP.



**3.1 Διαχείριση πολλαπλής πρόσβασης**

Το Multi Access Manager (MAM) είναι ένας δαίμονας για τη φιλοξενία των πολιτικών που μπορούν να ανταλλάσσονται. Ως τέτοιο παρέχει το πλαίσιο πολιτικής με προετοιμασία και επεξεργασία αιτημάτων.

Κατά την εκκίνηση, το MAM σαρώνει για διαθέσιμες διασυνδέσεις δικτύου. Στη συνέχεια, διαβάζει το αρχείο διαμόρφωσης που περιλαμβάνει τη λίστα με τις διεπαφές που πρέπει να συμπεριληφθούν/εξαιρούνται για την επιλογή διεύθυνσης προέλευσης ή προορισμού. Επιπλέον, είναι δυνατός ο καθορισμός διεπαφής και συγκεκριμένης πολιτικής πληροφορίες μέσω ζευγών κλειδιών/τιμών εκεί. Αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται εντός του MAM και αργότερα διατεθείτε στην πολιτική. Τότε αυτό εγκαινιάζει την πολιτική από μια δυναμικά φορτωμένη βιβλιοθήκη και την αρχικοποιεί. Αυτό ολοκληρώνει τη φάση αρχικοποίησης του MAM και στη συνέχεια τίθεται σε λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι το ΜΑΜ μπορεί πλέον να επεξεργάζεται αιτήματα από την εφαρμογή μέσω του Socket Intent API. Αυτά τα αιτήματα κοινοποιούνται μέσω υποδοχών τομέα Unix και πραγματοποιούνται ασύγχρονα χρησιμοποιώντας το libevent.

**3.2 Πολιτική**

Η λειτουργική μονάδα πολιτικής καλείται από το MAM για κάθε πληροφορία getaddr ή για κλήση σύνδεσης του Socket Intent API, δείτε την Εικόνα 4. Το MAM παρέχει επίσης το πλαίσιο αιτήματος που περιλαμβάνει τις επιλογές υποδοχής συμπεριλαμβανομένων των Socket Intents καθώς και την κατάστασης σύνδεσης του . Το τελευταίο περιλαμβάνει πληροφορίες για το δίκτυο διεπαφές καθώς και εάν η εφαρμογή έχει ήδη εκτελέσει ένα "δεσμό" κλήση. Αυτό είναι απαραίτητο καθώς το layering( στρωματοποίηση)εντός TCP/IP δεν είναι αυστηρό και συνεπώς η εφαρμογή μπορεί να εμπλέκεται στην επίλυση και την επιλογή διεύθυνσης.

Μέσα στην κλήση getaddrinfo, η πολιτική χρησιμοποιεί συνήθως το πλαίσιο επίλυσης ονόματος που παρέχεται από το MAM και συζητείται αργότερα, για να συντάξετε μια ταξινομημένη λίστα πιθανών διευθύνσεων προορισμού το οποίο στη συνέχεια επιστρέφεται μέσω του MAM στην εφαρμογή. Για το κλήση σύνδεσης η πολιτική επιλέγει την επιθυμητή πηγή και προορισμό διευθύνσεις από τις πληροφορίες πλαισίου αιτήματος που παρέχονται από το MAM , αν και η διεύθυνση IP προορισμού είναι μια παράμετρος για τη σύνδεση κλήσης και επιλέχτηκε από την εφαρμογή με βάση τα αποτελέσματα του την κλήση getaddrinfo. Επιπλέον, η πολιτική προτείνει τις κατάλληλες επιλογές υποδοχής που θα οριστούν από το Socket AP.

**3.3 Βιβλιοθήκη Augmented Socket**

Οι τροποποιήσεις στο Socket API είναι τρεις: εισάγουμε στις επιλογές Socket Intent, ενεργοποιούμε το MAM να επιλέξει την πηγή IP και τη διεύθυνση IP προορισμού.

**Επιλογές πρόθεσης υποδοχής:**

Αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε επιλογές πρίζας για παρόμοιους λόγους όπως στο RFC5014 [9] ή RFC6724 [14]. Για αυτό εισάγουμε ένα νέο επίπεδο επιλογής πρίζας, ονομάζεται SOL\_INTENTS και μέσα σε αυτό χρησιμοποιούμε ονόματα παρόμοια με αυτά του Πίνακα 1. Αυτό συνεπάγεται λιγότερες αλλαγές στο Socket API από ό,τι χρειάζεται σε εναλλακτικές προσεγγίσεις όπως το [12, 1, 16] ή τη μετάδοση σημείων με κάθε μήνυμα όπως προτείνεται από το Intentional Networking [6]. Οι προθέσεις αποθηκεύονται σε ένα περιβάλλον ανά υποδοχή και μεταβιβάζονται στο ΜΑΜ.

**Επιλογή διεύθυνσης πηγής:**

Μια πολιτική επιλέγει μια διεπαφή δικτύου επιλέγοντας τη διεύθυνση πηγής. Εδώ πρέπει να εξετάσουμε δύο περιπτώσεις: είτε η εφαρμογή που καλεί δεσμεύεται ή δεν δεσμεύεται. Στην πρώτη περίπτωση η εφαρμογή επιλέγει την IP πηγής και την περιλαμβάνει στην κλήση bind. Σε αυτή την περίπτωση η πολιτική έχει την επιλογή αντικατάστασης της IP πηγής, αλλά συνήθως δεν πρέπει. Εάν η εφαρμογή δεν καλεί bind τότε η πολιτική επιλέγει το διεύθυνση IP πηγής και η τροποποιημένη σύνδεσή μας συνδέει στην πρίζα την επιλεγμένη διεύθυνση IP προέλευσης.

**Επιλογή διεύθυνσης προορισμού:**

Για την πολιτική να επιλέξει τη διεύθυνση προορισμού, δεν αρκεί απλώς να τροποποιήσετε τις κλήσεις της βιβλιοθήκης υποδοχών καθώς περιλαμβάνει ανάλυση ονόματος. Επομένως, περιλαμβάνουμε μια βιβλιοθήκη επίλυσης βασισμένη στο libevent with ΜΑΜΑ. Ο αναλυτής εκτελεί την ανάλυση ονόματος ασύγχρονα εντός της πολιτικής για όλες τις διεπαφές δικτύου που καθορίζονται στο MAM αρχείο ρυθμίσεων. Μεταξύ των παραμέτρων ανά διεπαφή είναι ποιοί Διακομιστές DNS για χρήση με ποιες παραμέτρους. Μόλις η πολιτική κρίνει ότι έχει επαρκείς πληροφορίες, το βήμα επίλυσης μπορεί να ματαιωθεί.

Η συνειδητοποίηση της επιλογής διεύθυνσης υπογραμμίζει έναν άλλο περιορισμό του λειτουργικού συστήματος. Συνήθως οι υποδοχές και οι κλήσεις επίλυσης δεν συνδέονται άμεσα ο ένας με τον άλλον. Αλλά αυτός ο συσχετισμός είναι απαραίτητος για την επιλογή ενδυμάτων διεύθυνσης προορισμού στο Socket Intents. Αυτό το συνειδητοποιούμε προσθέτοντας το πλαίσιο υποδοχής ως πρόσθετη παράμετρος σε όλες τις πρίζες και τον αναλυτή κλήσης.

**4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

Για να κατανοήσουμε ποια οφέλη παρέχει το Socket Intents στον τελικό χρήστη, σε αυτήν την ενότητα, χρησιμοποιούμε επεξηγηματικά παραδείγματα για να επισημάνουμε πολύ απλοϊκές πολιτικές.

**Ρύθμιση πελάτη:**

Για το σκοπό αυτό τροποποιήσαμε έναν από τους πιο «απλούς» πελάτες HTTP, δηλαδή το wget, για να του επιτρέψει να ορίσει Socket Intents. Πιο συγκεκριμένα, προσθέσαμε υποστήριξη για δύο διαφορετικά Socket Intents: "κατηγορία" και "μέγεθος αρχείου".

Ο στόχος της πρόθεσης της «κατηγορίας» είναι η ευρεία ταξινόμηση των επερχόμενων μεταγραφών. Μπορεί να οριστεί ρητά από έναν τελικό χρήστη ως γραμμή εντολής μια παράμετρος που δίνεται στο wget. Το χρησιμοποιούμε στο Σενάριο 1 ορίζοντας το σαν να είναι είτε «μαζικό» ή «ερώτημα» με βάση προηγούμενες γνώσεις σχετικά με το ρύθμιση αξιολόγησης.

Ο στόχος του intent "filesize" είναι να ενεργοποιήσει το Socket Intent API για τη διάκριση μεταξύ μεγάλων και μικρών λήψεων αυτόματα. Τα τελευταία είναι πιο ευαίσθητα στην καθυστέρηση ενώ τα πρώτα είναι πιο ευαίσθητα στη διαθεσιμότητα εύρους ζώνης. Ωστόσο, για το Web που το κάνουμε δεν γνωρίζουμε απαραίτητα το μέγεθος του αντικειμένου από πριν . Για τον προσδιορισμό της τιμή της πρόθεσης "μέγεθος αρχείου", τροποποιήσαμε περαιτέρω το wget για εκτέλεση στις λήψεις του σε δύο φάσεις εκμεταλλευόμενοι το εύρος HTTP στις δυνατότητες αναζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, το τροποποιημένο wget πρώτα εκδίδει ένα αίτημα εύρους για τα πρώτα m byte κάθε αντικειμένου1 για να αποκτήσει το μέγεθος του αντικειμένου από την κεφαλίδα HTTP. Στη συνέχεια ανοίγει μια νέα σύνδεση για την οποία καθορίζει το "μέγεθος αρχείων" n προς λήψη για τα υπόλοιπα n − m Byte. Χρησιμοποιούμε τη λήψη δύο φάσεων για να καθορίσουμε την πρόθεση "μέγεθος αρχείου" στο Σενάριο 2.

Ένας ατυχής περιορισμός του wget είναι ότι κανένα από τα δύο δεν υποστηρίζει διοχέτευση HTTP ούτε πολλαπλές συνδέσεις TCP. Έτσι, με τη σειρά για να μπορεί να εκμεταλλευτεί κανείς δύο ανεξάρτητες διεπαφές δικτύου πρέπει να εκτελέσει πολλές περιπτώσεις wget.

**Ρύθμιση αξιολόγησης:**

Επιλέγουμε πελάτες με δύο διεπαφές δικτύου με αντίθετες κατάλληλες συνδέσεις: μία με σχετικά χαμηλή καθυστέρηση αλλά και περιορισμένο εύρος ζώνης και ένα με σχετικά μεγάλη καθυστέρηση αλλά μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Συγκεκριμένα: το i1 μοιάζει με μια γραμμή DSL σχετικά χαμηλού εύρους ζώνης με γρήγορη διαδρομή, π.χ. 10ms RTT, 6Mbit downstream bandwidth (εύρος ζώνης) και Εύρος ζώνης 768 Kbits upstream, καθώς αυτός είναι ο τύπος γραμμής DSL στα περισσότερα μέρη της Γερμανίας [3]. Το i2 μοιάζει με μια λογική πρόσβαση στο δίκτυο LTE, δηλαδή 70ms RTT, 12Mbits downstream bandwidth και 6Mbits up stream [7]. Σε όλα τα σενάρια, υποθέτουμε ότι αυτά τα χαρακτηριστικά παραμένουν σταθερά και είναι γνωστά στην πολιτική.

Αντιλαμβανόμαστε αυτό το σενάριο σε ένα περιβάλλον μίμησης όπου εμείς έχουμε ρητό έλεγχο σε όλα τα εξαρτήματα. Ως διακομιστής και πελάτης χρησιμοποιούμε δύο μηχανές Linux (Intel Xeon L5420, 2x4 Cores, 16GB RAM) διασυνδέονται μέσω ενός Ethernet 1Gbit/s και δρομολογούνται μέσω ενός μηχανήματος του ίδιου τύπου στο οποίο εκτελούμε έναν διαμορφωτή κίνησης. Συγκεκριμένα, για τη μορφοποίηση χρησιμοποιούμε τον κάδο ιεραρχικής ένδειξης TC (HTB) και για καθυστέρηση τον χρονοπρογραμματιστή εξομοιωτή δικτύου TC. Ο πελάτης είναι εξοπλισμένος με δύο ανεξάρτητες διεπαφές Ethernet τα οποία έχουν ρυθμιστεί ως i1 και i2.

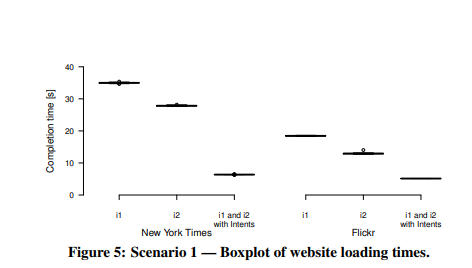
Όσον αφορά τον φόρτο εργασίας και για τα δύο σενάρια, χρησιμοποιούμε στιγμιότυπα ιστοσελίδων: πιο συγκεκριμένα τη σελίδα προορισμού μιας δημοφιλούς εφημερίδας, New York Times (www.newyorktimes.com) και μια ιστοσελίδα ενός δημοφιλούς ιστότοπου κοινής χρήσης φωτογραφιών, του Flickr ([www.flickr](http://www.flickr). com/explore) από τις 10 Ιουνίου 2013. Και οι δύο σελίδες έχουν μέγεθος 2,8 MByte. Το πρώτο έχει περίπου 130 ενσωματωμένα αντικείμενα τα οποία είναι σχετικά μικρά με εύρος από 48 byte έως 263 KByte με διάμεσος 6 KByte και μέσος όρος 21 KByte. Το δεύτερο αποτελείται από μόνο 30 ενσωματωμένα αντικείμενα με μέγεθος μεταξύ 43 byte έως 572 KByte, διάμεσος 65 KByte και μέσος όρος 94 KByte. Οι ιστοσελίδες ανακτήθηκαν χρησιμοποιώντας το σύνολο αποθήκευσης του Google Chrome λειτουργία ιστοσελίδας και αντιγράφηκε στον διακομιστή. Επιπλέον, στο Σενάριο 1 χρησιμοποιούμε μια μαζική μεταφορά ως κίνηση στο παρασκήνιο, η οποία πραγματοποιείται με τη φόρτωση αρχείων με μέγεθος μεγαλύτερο από 48 MByte.

**Σενάριο 1: Μαζική μεταφορά έναντι ερωτήματος**

Στο πρώτο μας σενάριο επανεξετάζουμε ένα πρόβλημα απόδοσης που αντιμετωπίζεται συχνά στο σπίτι: περιήγηση σε έναν ιστότοπο κατά τη λήψη ενός μεγάλου αρχείου. Το πρώτο είναι κρίσιμο για τον χρόνο απόκρισης, ενώ το δεύτερο αυξάνει το εύρος ζώνης. Προσομοιώνουμε αυτό το σενάριο με δύο παράλληλα wget περιπτώσεις: Ενώ το παράδειγμα (i) με πρόθεση «μαζική μεταφορά» συμπληρώνει ο σύνδεσμος κατεβάζοντας ένα μεγάλο αρχείο, παράδειγμα (ii) με πρόθεση "ερώτημα" προσπαθεί να πάρει έναν από τους δύο ιστότοπους μας.

Η πολιτική που χρησιμοποιούμε εδώ είναι ότι οι "μαζικές μεταφορές" αποστέλλονται στη διεπαφή υψηλότερου εύρους ζώνης i2 και τα «ερωτήματα» πάνω από τη διεπαφή χαμηλού εύρους i1. Συγκρίνουμε αυτήν την πολιτική με την περίπτωση όπου το ο πελάτης περιορίζεται στη χρήση μιας από τις δύο διεπαφές .Οι μετρημένοι χρόνοι ολοκλήρωσης για τις λήψεις στο Web εμφανίζονται στο πλαίσιο του Σχήματος 5. Θυμηθείτε ότι ένα τετραγωνίδιο εμφανίζει τη διάμεσο, το spread και τη λοξότητα όλων των πειραμάτων σε ένα οικόπεδο. Το πείραμα επαναλαμβάνεται 30 φορές.

Συνολικά, ο χρόνος λήψης για τη σελίδα Flickr είναι μικρότερος από τους New York Times, αν και το συνολικό μέγεθος είναι περίπου ίσο. Ωστόσο, το διάμεσο μέγεθος αντικειμένου του Flickr είναι σημαντικά μεγαλύτερο. Επιπλέον, χρησιμοποιώντας τη διεπαφή υψηλού εύρους ζώνης i2 αντί για τη διεπαφή χαμηλού εύρους ζώνης που είναι ευεργετική. Η ενεργοποίηση των πολιτικών Socket Intent βελτιώνει την απόδοση λήψης σελίδας κατά περισσότερο από 60% χωρίς κυρώσεις για τη μαζική λήψη. Ο λόγος είναι ότι η λήψη της σελίδας μπορεί πλέον να προγραμματιστεί στο δίκτυο interface i1 και δεν ανταγωνίζεται πλέον τη μαζική λήψη που έχει ισχυρότερο αποτέλεσμα από το να έχετε απλώς περισσότερο διαθέσιμο εύρος ζώνης. Σημειώστε ότι σε αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιήσουμε πλήρως κατά κάποιο τρόπο την καλύτερη περίπτωση που μπορούμε να έχουμε δηλαδή τη δεύτερη διεπαφή δικτύου. Σε μελλοντικές εργασίες σκοπεύουμε να αξιολογήσουμε πώς η πολιτική μπορεί να επωφεληθεί από τη μεταφορά πολλαπλών διαδρομών σε πρωτόκολλα όπως το MPTCP. Προβλέπουμε ότι η χρήση MPTCP θα υποβαθμίσει την απόδοση της λήψης της ιστοσελίδας ενώ θα αυξησεί την απόδοση της μαζικής λήψης.



**Σενάριο 2: Αποφόρτωση κατά μέγεθος αρχείου**

Στο δεύτερο σενάριο μας, χρησιμοποιούμε την πρόθεση "μέγεθος αρχείου" για ενεργοποίηση της πολιτικής επιλογής των «καλύτερων» διεπαφών δεδομένου ότι μπορεί να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Στη διάταξη αξιολόγησης μας, μικρές μεταφορές θα πρέπει να επωφεληθούν από το χαμηλό RTT του i1 ενώ οι μεγάλες μεταφορές ωφελούνται από το μεγαλύτερο εύρος ζώνης του i2. Για να το κάνουμε αυτό, πρώτα πρέπει να βρούμε το όριο στο οποίο το μεγαλύτερο εύρος ζώνης του i2 αποδίδει σε μικρότερο χρόνο ολοκλήρωσης από το χαμηλό RTT του i1. Το αποκτήσαμε αυτό το κατώφλι πειραματικά χρησιμοποιώντας τεχνητό φόρτο εργασίας που αποτελείται από αρχεία από 10 KByte έως 2 MByte με βήματα των 10 KByte λήψη χρησιμοποιώντας ένα μόνο παράδειγμα wget που μετρά την ολοκλήρωση χρόνου. Γνωρίζουμε ότι αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει πολλά γενικά έξοδα και δεν θα λειτουργήσει καλά στην πράξη, καθώς το όριο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το RTT και το διαθέσιμο εύρος ζώνης, το οποίο θα διαφέρει στα περισσότερα περιβάλλοντα. Ωστόσο, θα διερευνήσουμε έναν πιο ρεαλιστικό μηχανισμό για τον προσδιορισμό αυτού του ορίου σε μελλοντική εργασία.

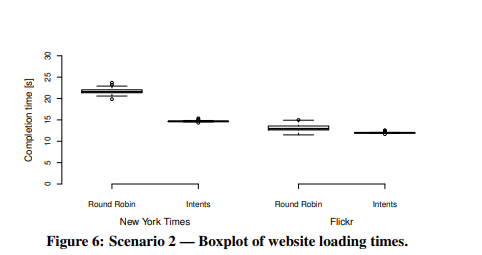
Με βάση αυτό, στη συνέχεια χρησιμοποιούμε μια πολιτική που εκφορτώνει τις μεταφορές σε διεπαφή υψηλού εύρους ζώνης i2 εάν το "μέγεθος αρχείου" είναι πάνω από το πειραματικά ληφθέν όριο των 1400 KByte διαφορετικά χρησιμοποιεί τη χαμηλή καθυστέρηση διεπαφής i1. Τα αποτελέσματα της χρήσης κάθε διεπαφής μεμονωμένα σε σύγκριση με τη χρήση του Socket Intents φαίνονται στο Σχήμα 7. Το Σχήμα 7 περιλαμβάνει τη διάμεση τιμή των 15 εκτελέσεων πειράματος καθώς και το 1ο και 3ο τεταρτημόριο. Σημειώστε, ότι η πειραματική μεταβλητή είναι μικρή καθώς τα τέταρτα ελάχιστα διαφέρουν από τη διάμεσο. Δείτε επίσης ότι η χρήση του ορίου των 1400 KByte διασφαλίζει ότι η πολιτική επιλέγει πάντα την «καλύτερη» διεπαφή και ότι τα γενικά έξοδα του wget που ανακτά το πραγματικό μέγεθος αρχείου με το αρχικό μερικό αίτημα των 15 KByte της λήψης δύο βημάτων είναι ελάχιστη. Σημειώστε ότι το το όριο των 1400 KByte μπορεί να φαίνεται μεγάλο, αλλά αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την μεμονωμένη παράμετρο διεπαφής, την τρέχουσα τοποθεσία του πελάτη εντός του δικτύου και τη συμφόρηση εντός του δικτύου.

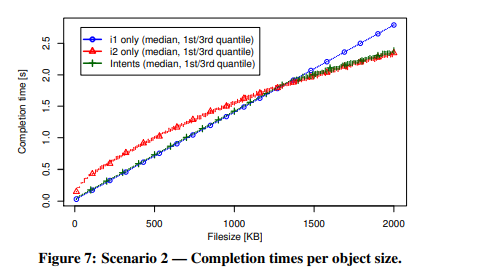
Ενώ τα προηγούμενα παραδείγματα δείχνουν τα βασικά πλεονεκτήματα των προθέσεων, οι συγκρίσεις μπορεί να θεωρηθούν άδικες. Έτσι, εμείς τώρα συγκρίνουμε την πολιτική "μέγεθος αρχείων" που παρουσιάστηκε προηγουμένως χρησιμοποιώντας ένα πειραματικά ληφθέν όριο με μια πολιτική που δεν γνωρίζει την εφαρμογή που χρησιμοποιεί τις δύο διεπαφές με έναν τρόπο «στρογγυλής διαδρομής», ο οποίος αλλάζει τις εναλλαγές μεταξύ των δύο διεπαφών κατά την ανάκτηση κάθε αντικειμένου.

Για να μεταβούμε σε μια ελαφρώς πιο διαφορετική ρύθμιση όπου η φόρτωση του ιστότοπου μπορεί να εκμεταλλευτεί τα διαφορετικά χαρακτηριστικά συνδέσμων, μειώνουμε το εύρος ζώνης σε μια από τις διεπαφές σε 2 Mbit/s, i1'. Αυτό αντιστοιχεί στις πιο αργές γραμμές DSL που είναι κοινές έξω από το αστικό περιβάλλον.

Καθώς το wget δεν μπορεί να εκδώσει παράλληλα αιτήματα, κατεβάζουμε και τις δύο ιστοσελίδες που προσομοιώνουν ταυτόχρονα δύο χρήστες που χρησιμοποιούν ένα σημείο πρόσβασης με πολλαπλές διεπαφές δικτύου.

Ο ιστότοπος των New York Times επωφελείται από την εφαρμογή που δεν γνωρίζει πολιτική στρογγυλής διαδικασίας με βελτίωση της απόδοσης κατά 20% και 18% έναντι της διεπαφής μόνο i1' και της διεπαφής i2 ,ενώ ο άλλος δεν έχει χειρότερη απόδοση (τα αποτελέσματα δεν εμφανίζονται). Οι χρόνοι λήψης ιστού για τις πολιτικές "round-robin" και "μέγεθος αρχείων" ι φαίνεται στο πλαίσιο του σχήματος 6. Επισημαίνουμε ότι η λήψη του ιστότοπου των New York Times επωφελείται σημαντικά από τη χρήση της πρόθεσης "μέγεθος αρχείου". Ο χρόνος λήψης του βελτιώνεται κατά 35% ή, με άλλα λόγια, η χρήση του round-robin είναι 1,5 φορές πιο αργή. Για τον ιστότοπο του Flickr τα πλεονεκτήματα του χρόνου ολοκλήρωσης είναι μικρότερα. Αυτό οφείλεται κυρίως στο μεγάλο αριθμό μικρών αντικειμένων που επωφελούνται περισσότερο από τη χρήση της χαμηλής διεπαφής καθυστέρησης i1». Συμπερασματικά, αυτό το πείραμα τονίζει ότι ακόμη και μια απλή πολιτική εφαρμογής που δεν γνωρίζει μπορεί να βελτιώσει την απόδοση για συσκευές πολλαπλής πρόσβασης και οι πολιτικές με επίγνωση εφαρμογών μπορούν αποδίδουν ακόμη καλύτερη απόδοση από τις εφαρμογές που δεν γνωρίζουν.





**5. ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η τάση με συσκευές με δυνατότητα Διαδικτύου έχει φύγει από την προσθήκη για δεύτερη διεπαφή δικτύου στην προσθήκη της τρίτης ή ακόμη και της τέταρτης. Ωστόσο, το όφελος για τους τελικούς χρήστες έχει περιοριστεί ως εκφόρτωση, αν και είναι τεχνικά εφικτό, δεν έχει γίνει ακόμη συνήθης πρακτική. Ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες είναι οι καλές πληροφορίες για την επιλογή της διεπαφή δικτύου για χρήση για ποια επικοινωνία και επομένως για τι να βελτιστοποιήσετε. Προτείνουμε να επιλύσουμε το τελευταίο με τις Socket Προθέσεις που επιτρέπουν στις εφαρμογές να εκφράσουν αυτά που γνωρίζουν με αίτημα από το δίκτυο στην επικοινωνία τους ,αντί να χρειάζεται να νοιάζονται γι' αυτό.

Σε αυτό το άρθρο προτείνουμε μια υλοποίηση των προθέσεων υποδοχής μέσω ενός τροποποιημένου Socket API, μια πολιτική που αφορά το περιβάλλον και ένα Multiple Access Manager (MAM). Τα αρχικά μας αποτελέσματα δείχνουν το πιθανό όφελος από τη χρήση πολιτικών με επίγνωση πρόθεσης εφαρμογής για την επιλογή ποιόν συνδυασμό διεπαφών να χρησιμοποιήσετε.

Σε μελλοντικές εργασίες σχεδιάζουμε να επεκτείνουμε την εξερεύνηση πιθανών πολιτικών που λαμβάνουν τις ιδιότητες και τις συνθήκες των διεπαφών και προσαρμόζονται αυτόματα σε αυτά. Για αυτό σχεδιάζουμε να επεκτείνουμε το πλαίσιο μας με προηγμένα στατιστικά στοιχεία δικτύου, π.χ. RTT, RSSI, ρυθμός δεδομένων φορέα, απώλεια πακέτων ή ακόμα και υποδείξεις από το ISP που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μια αναφορά καιρού δικτύου. Επιπλέον, σχεδιάζουμε να διερευνήσουμε τη συμπερίληψη νεότερων πρωτοκόλλων με δυνατότητες διαχείρισης διαδρομής, όπως MPTCP, SCTP και IFOM. Μέχρι τώρα η πλευρά του πελάτη μας περιορίζεται σε έναν πολύ απλό πελάτη, δηλαδή το wget. Εμείς σχεδιάζουμε να προσθέσουμε υποστήριξη Socket Intent σε ένα πρόγραμμα περιήγησης επίσης στα πρόσθετα πολυμέσων του. Επιπλέον, υπάρχει το ερώτημα πώς να χειρίζονται πολλαπλά αιτήματα στον ίδιο προορισμό. Αυτό μπορεί να απαιτεί πρόσθετη υποστήριξη για τη διοχέτευση εντός του MAM.

Προχωρώντας προς τα εμπρός, ισχυριζόμαστε ότι συμπεριλαμβανομένου του προτεινόμενου Socket το Intent API μαζί με το MAM στα δημοφιλή λειτουργικά συστήματα μπορούν να προσφέρουν έναν δρόμο προς την καθολική αξιοποίηση των πολλαπλών διεπαφών δικτύου και να επιτρέπουν πιο περίπλοκες βελτιστοποιήσεις.

**6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Αυτή η εργασία υποστηρίχθηκε εν μέρει από το έργο της ΕΕ CHANGE (FP7-ICT-257422) http://www.change-project.eu/ και το έργο MONC KIC του EIT.

**7. REFERENCES**

[1] H. Abbasi, C. Poellabauer, K. Schwan, G. Losik, and Richard. A quality-of-service enhanced socket api in gnu/linux. In Real-Time Linux Workshop, 2002.

[2] A. Balasubramanian, R. Mahajan, and A. Venkataramani. Augmenting mobile 3g using wifi. In ACM MobiSys, 2010.

[3] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Breitbandatlas (governmental report on broadband availability and usage in germany), 2013. http://www. zukunft-breitband.de/DE/breitbandatlas.

[4] Cisco Systems, Inc. Architecture for mobile data offload over wi-fi access networks (whitepaper), 2012.

[5] A. Ford, C. Raiciu, M. Handley, S. Barre, and J. Iyengar. Architectural Guidelines for Multipath TCP Development. RFC 6182 (Informational), Mar 2011.

[6] B. D. Higgins, A. Reda, T. Alperovich, J. Flinn, T. J. Giuli, B. Noble, and D. Watson. Intentional networking: opportunistic exploitation of mobile network diversity. In ACM MobiCom, 2010.

[7] J. Huang, F. Qian, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen, and O. Spatscheck. A close examination of performance and power characteristics of 4g lte networks. In ACM MobiSys, 2012.

[8] K. Lee, J. Lee, Y. Yi, I. Rhee, and S. Chong. Mobile data offloading: how much can wifi deliver? In ACM CONEXT, 2010.

[9] E. Nordmark, S. Chakrabarti, and J. Laganier. IPv6 Socket API for Source Address Selection. RFC 5014 (Informational), Sep 2007.

[10] B. Quoitin, L. Iannone, C. de Launois, and O. Bonaventure. Evaluating the benefits of the locator/identifier separation. In ACM/IEEE Workshop on Mobility in the evolving internet architecture, 2007.

[11] M. Scharf and A. Ford. Multipath TCP (MPTCP) Application Interface Considerations. RFC 6897 (Informational), Mar 2013.

[12] A. A. Siddiqui and P. Müller. A requirement-based socket api for a transition to future internet architectures. In IMIS, 2012.

[13] R. Stewart, M. Tuexen, K. Poon, P. Lei, and V. Yasevich. Sockets API Extensions for the Stream Control Transmission Protocol (SCTP). RFC 6458 (Informational), Dec 2011.

[14] D. Thaler, R. Draves, A. Matsumoto, and T. Chown. Default Address Selection for Internet Protocol Version 6 (IPv6). RFC 6724 (Proposed Standard), Sep 2012.

[15] M. Wasserman and P. Seite. Current Practices for Multiple-Interface Hosts. RFC 6419 (Informational), Nov 2011.

[16] M. Welzl, S. Jorer, and S. Gjessing. Towards a protocol-independent internet transport api. In ICC, 2011.