

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ / ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Αρακαδάκης Κωνσταντίνος  
Μεταπτυχιακός Φοιτητής**

**Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης**

**Επόπτης Μεταπτυχιακής Εργασίας: Αναπλ. Καθηγητής, Ξ. Δημητρόπουλος**

**Δευτέρα, 19 Ιουλίου 2021, ώρα 10:00 π.μ.**

**Join Zoom Meeting**

<https://zoom.us/j/93370468684>

**“ Πολυπλατφορμική στρατηγική για την επαυξητική ασύρματη ενημέρωση συσκευών  
διαδικτύου-των-πραγμάτων περιορισμένων πόρων”**

### **Περίληψη**

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αποτελεί μια εξελισσόμενη τεχνολογία, η οποία είναι σε θέση να διασυνδέσει έναν αυξανόμενο αριθμό έξυπνων συσκευών, για την υποστήριξη πολύπλοκων δεδομενοκεντρικών εφαρμογών. Η δυνατότητα ασύρματης αναβάθμισης αυτών των συσκευών είναι εξέχουσας σημασίας, καθώς επιτρέπει την ενσωμάτωση επιπλέον λειτουργικότητας στο λογισμικό τους, τη διόρθωση λαθών και ευπαθειών του κώδικα, ή ακόμα και τον επαναπροσδιορισμό του σκοπού τους, δίχως να απαιτείται η φυσική επαφή με αυτές. Τέτοιες λύσεις ασύρματου προγραμματισμού, απαιτούν τη σύμπτυξη των αποσταλέντων δεδομένων κατά την αναβάθμιση, ώστε να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στο δίκτυο, η οποία οφείλεται στις απαραίτητες λειτουργίες ασύρματης επικοινωνίας.

Για να ικανοποιηθεί αυτή η ανάγκη, οι συσκευές IoT μπορούν επίσης να αναβαθμιστούν, μέσω μιας τεχνικής, που ονομάζεται επαυξητικός προγραμματισμός, η οποία αποφεύγει την επαναποστολή ολόκληρου του λογισμικού, όταν έχει δημιουργηθεί μια ανανεωμένη έκδοση. Η πιο διαδεδομένη μορφή αυτής της τεχνικής, είναι μέσω των αλγόριθμων διαφοράς, οι οποίοι βρίσκουν τα κοινά τμήματα δύο εκδόσεων λογισμικού και υπολογίζουν ένα κωδικοποιημένο "μπάλωμα", το οποίο αποστέλλεται στο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιήσουν μέρη του λογισμικού που τρέχουν εκείνη τη στιγμή, ώστε να συνθέσουν τη νέα έκδοση τοπικά.

Σε αυτήν την εργασία, μελετάμε τεχνικές, πρωτόκολλα δικτύου και συστήματα που έχουν αναπτυχθεί με σκοπό τη μείωση του όγκου των μεταδόσεων κατά την αναβάθμιση δικτύων IoT και έχουν βρει απήχηση σε δίκτυα μεγάλης κλίμακας. Επιπλέον, δίνουμε έμφαση στην ανάλυση των βημάτων της διαδικασίας αναβάθμισης, παρουσιάζοντας διάφορες τεχνικές που τα υλοποιούν. Ακόμη, αναφέρουμε μηχανισμούς οι οποίοι επικεντρώνονται στην ασφάλεια του ασύρματου προγραμματισμού, μιας και πρόσφατες επιθέσεις έχουν αποκαλύψει πως ανασφαλείς στρατηγικές αναβάθμισης, μπορούν να επιτρέψουν την εγκατάσταση επιβλαβούς λογισμικού από τις συσκευές ενός δικτύου, επηρεάζοντας τη λειτουργία τους.

Επιπλέον, παρουσιάζουμε έναν αλγόριθμο διαφοράς, ονόματι *Dfinder*, ο οποίος μπορεί να υπολογίσει μικρά "μπαλώματα", χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση δέλτα. Ο αλγόριθμος έχει  $O(n \log n)$  χρονική και  $O(n)$  χωρική πολυπλοκότητα και χρησιμοποιεί επαυξημένους πίνακες αποθεμάτων και σύγχρονες τεχνικές υπολογισμού τους, που επιτρέπουν την αποδοτική εύρεση κοινών τμημάτων μεταξύ δύο εκδόσεων λογισμικού. Ακόμη, παρουσιάζουμε μία επέκταση του αλγόριθμου, η οποία μειώνει τις αποθηκευτικές απαιτήσεις στη μεριά του παραλήπτη κατά το ήμισυ, ώστε συσκευές με περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο να μπορούν επίσης να αναβαθμιστούν επαυξητικά. Τέλος, ενσωματώνουμε το *Dfinder* σε μία πλατφόρμα ασύρματου προγραμματισμού δικτύων IoT και δείχνουμε πως μπορεί να μειώσει τον χρόνο και την ενέργεια που απαιτούνται για την αναβάθμιση δικτύων IoT μέχρι και 94%.

**University of Crete**

**Computer Science Department**

## **M.Sc. Thesis presentation / examination**

**Arakadakis Konstantinos**

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

**Monday, 19 July 2021, 10:00 a.m.**

**Join Zoom Meeting**

<https://zoom.us/j/93370468684>

**“Multiplatform incremental OTAP strategy for resource-constrained IoT devices”**

### **Abstract**

The Internet of Things (IoT) presents itself as an emerging technology, which is able to interconnect a soaring number of heterogeneous smart devices around the world, for supporting complex data-driven applications in a variety of domains. The ability to wirelessly update these devices is paramount, as it allows the integration of additional functionality into their firmware, the resolution of code errors and security vulnerabilities, or even their complete re-purpose, without physically accessing them. Such *Over-the-Air Programming (OTAP)* solutions require the compaction of the transmitted data during a network update, in order to reduce the energy consumption in the network, which is due to the necessary communication operations.

To meet this need, IoT devices can also be updated using a technique, called *incremental programming*, that avoids the retransmission of the entire firmware, when an updated version has been released. The most common form of this technique is through the so-called differencing algorithms, that execute at a firmware server and aim to detect common segments between two firmware versions, producing an encoded patch that is disseminated to the network. This way, the devices can utilise parts of the firmware they currently run, in order to reconstruct the updated version locally.

In this work, we survey techniques, protocols, and schemes that focus on the reduction of the transmissions during a network update, and have found widespread application in large-scale IoT networks. We also emphasize the essential steps of the firmware update process, along with the proposed approaches and techniques that implement them.

Besides, we discuss contributions that focus on the security aspects of OTAP, as recent cyberattacks have revealed that unsecured update strategies can allow adversaries to inject faulty or malicious firmware into a network, manipulating its operation.

Furthermore, we present a differencing algorithm we have developed, called *Dfinder*, that can compute small patches, based on delta encoding. The algorithm has  $O(n \log n)$  time and  $O(n)$  space complexity, and utilises *enhanced suffix arrays* and state-of-the-art construction techniques, that enable the efficient detection of common segments between two firmware versions. Additionally, we propose an extension of the algorithm, that halves the storage requirements at the receiver, so that devices with limited storage can also be updated, incrementally. Finally, we integrate *Dfinder* in an OTAP testbed and show that it can reduce the update time and the corresponding energy consumption of IoT networks up to 94%.