

ΠΡΟΣ

- 1) **Όλα τα μέλη ΔΕΠ του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών**
- 2) **Τους εκπροσώπους των Μεταπτυχιακών φοιτητών του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών**
- 3) **Την Επταμελή Εξεταστική Επιτροπή**
- 4) **Όλα τα μέλη της Πανεπιστημιακής Κοινότητας**

Πρόσκληση σε Δημόσια Παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του

κ. Μπαργιάννη Γεωργίου

Την Πέμπτη, 26 Ιουνίου 2014 και ώρα 13:00 στην αίθουσα “Σ. Ορφανουδάκης” του Ινστιτούτου Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ) στο Ηράκλειο, θα γίνει η δημόσια παρουσίαση και υποστήριξη της Διδακτορικής Διατριβής του υποψηφίου διδάκτορος του Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών κ. Μπαργιάννη με θέμα:

“ Μια Νέα Γλώσσα Προδιαγραφών και Σύνθεσης Υπηρεσιών”

“A Novel Specification and Composition Language for Services”

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Υπηρεσιοστρεφής Αρχιτεκτονική έχει αναδειχθεί σε εξέχοντα τρόπο σχεδίασης που καθιστά τις υποδομές Πληροφορικής Τεχνολογίας ικανές να παρέχουν σε εφαρμογές τη δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων και συμμετοχής σε επιχειρησιακές διεργασίες, ανεξάρτητα από τα υποκείμενα χαρακτηριστικά τους, όπως την επακριβή υλοποίηση ή τα λειτουργικά συστήματα και τις γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή τους. Με αυτό τον τρόπο οι υπηρεσίες χρησιμοποιούνται ως οντότητες ανεξάρτητες από πλατφόρμες, που παρέχουν πρόσβαση σε σύνολα λειτουργικότητας μέσω προκαθορισμένων διεπαφών και διατίθενται μέσω δικτύων, πρωτίστως μέσω Διαδικτύου.

Για την αποτελεσματική εύρεση και χρήση των πιο κατάλληλων υπηρεσιών (ή συνθέσεων υπηρεσιών) αναφορικά με τις ανάγκες ενός καταναλωτή, ο πάροχος θα πρέπει να προσφέρει πλήρεις προδιαγραφές για τις υπηρεσίες, που δεν περιορίζονται στις παρεχόμενες διεπαφές (υπό τη μορφή συνόλων από εισόδους και εξόδους). Αντίθετα, είναι αναγκαίο ένα πλήρες μοντέλο συμπεριφοράς που θα περιγράφει τις εισόδους και συνθήκες που απαιτούνται πριν την εκτέλεση, καθώς επίσης και τις εξόδους και αποτελέσματα που προκύπτουν από μια επιτυχή εκτέλεση. Τέτοιες προδιαγραφές υπηρεσιών είναι απαραίτητες σε μια πληθώρα από δραστηριότητες όπως την κατασκευή μιας υπηρεσίας βάσει προδιαγραφών, ελέγχους συμμόρφωσης και επαλήθευσης σωστής λειτουργίας, αξιολόγηση αποτελεσμάτων της διαδικασίας προσαρμογής υπηρεσιών και τον προσδιορισμό της δυνατότητας σύνθεσης ενός συνόλου υπηρεσιών.

Οι προδιαγραφές υπηρεσιών βασίζονται στην έκφραση συνθηκών που πρέπει να ισχύουν πριν και μετά την εκτέλεση της υπηρεσίας. Τέτοιες προδιαγραφές είναι επιρρεπείς σε μια οικογένεια προβλημάτων, που είναι γνωστά στο πεδίο της Τεχνητής Νοημοσύνης ως το πρόβλημα πλαισίου, το πρόβλημα επιπτώσεων και το πρόβλημα προϋποθέσεων. Το πρόβλημα πλαισίου αφορά την έκφραση των μη-αποτελεσμάτων μιας ενέργειας, δηλαδή την περιγραφή του τι παραμένει αμετάβλητο μετά την εκτέλεση. Το πρόβλημα επιπτώσεων ασχολείται με τη μοντελοποίηση των έμμεσων αποτελεσμάτων ή δευτερευουσών συνεπειών, δηλαδή των συνεπειών που ακολουθούν ένα πρωταρχικό αποτέλεσμα. Τέλος, το πρόβλημα προϋποθέσεων, σε αντίθεση με τα άλλα δύο, σχετίζεται με την αναπαράσταση των προϋποθέσεων εκτέλεσης και την αδυναμία του να ληφθούν υπόψη όλες οι δυνατές συνθήκες κάτω από οποιαδήποτε περίπτωση.

Ενώ η έρευνα σε άλλα πεδία όπως οι προγραμματιστικές προδιαγραφές ή η συλλογιστική ενεργειών και αλλαγής έχει οδηγήσει σε ικανοποιητικές λύσεις στα προαναφερθέντα προβλήματα, η έρευνα στις υπηρεσίες τα έχει αγνοήσει σε μεγάλο βαθμό, αγνοώντας ταυτόχρονα και τις συνέπειές τους. Πιο συγκεκριμένα, η αποτυχία επίλυσης του προβλήματος πλαισίου οδηγεί σε περιγραφές υπηρεσιών που δε μπορούν να εγγυηθούν στους καταναλωτές υπηρεσιών ότι τα καθορισμένα αποτελέσματα είναι τα μόνα που απορρέουν από μια εκτέλεση. Το γεγονός αυτό εγείρει σημαντικά ζητήματα όπως η ακεραιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας και η αξιοπιστία του παρόχου, ασφάλεια και ιδιωτικότητα των εμπλεκόμενων χρηστών και δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα διακινδυνεύεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης σε συνθέσεις υπηρεσιών. Επιπλέον, η παράβλεψη των δευτερευουσών συνεπειών οδηγεί σε ελλιπή μοντέλα συμπεριφοράς που μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένες συνθέσεις υπηρεσιών, ενώ η απουσία λύσης στο πρόβλημα προϋποθέσεων σημαίνει ταυτόχρονα και την αδυναμία αιτιολόγησης στην περίπτωση που η υπηρεσία δεν παράγει τα αναμενόμενα αποτελέσματα ενώ έχει δοθεί η απαιτούμενη πληροφορία εισόδου και έχουν ικανοποιηθεί οι προϋποθέσεις εκτέλεσης.

Για την αντιμετώπιση όλων των ζητημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η παρούσα διατριβή προτείνει τη Γλώσσα Προδιαγραφών Υπηρεσιών (WSSL), μια νέα γλώσσα για προδιαγραφές και σύνθεση υπηρεσιών. Η θεμελίωση της γλώσσας βασίζεται στο λογισμό των μεταβλητών ιδιοτήτων (fluent calculus), που συνιστά μια

γλώσσα προδιαγραφών και ένα σύστημα ελέγχου αυτόνομων ρομποτικών πρακτόρων που παρέχει λύσεις στα προβλήματα πλαισίου, επιπτώσεων και προϋποθέσεων. Η WSSL είναι ανεξάρτητη από μοντέλα σχεδίασης υπηρεσιών ενώ παρέχει και τη δυνατότητα σημασιολογικού σχολιασμού. Η υποστήριξη των λύσεων στα προαναφερθέντα προβλήματα γίνεται με φυσικό και άμεσο τρόπο, με δομές που είναι ενσωματωμένες στη γλώσσα. Επιπλέον, η θεμελίωση της γλώσσας παρέχει τη δυνατότητα μετατροπής των προδιαγραφών σε προτάσεις λογικού προγραμματισμού.

Εκτός από το βασικό συντακτικό και τη σημασιολογία της γλώσσας, παρέχονται επεκτάσεις σε τρεις κατευθύνσεις για την επίτευξη τριών μείζονων στόχων. Πρώτον, υποστηρίζεται προδιαγραφή και υλοποίηση σύνθεσης υπηρεσιών, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα θεμελιώδη πρότυπα ροής εργασίας, συμπεριλαμβανομένων μη-ντετερμινιστικών προτύπων, όπως η εκτέλεση υπό συνθήκη και η επαναληπτική εκτέλεση. Δεύτερον, δίνεται η δυνατότητα προδιαγραφής προφίλ Ποιότητας Υπηρεσιών (ΠΥ) σύμφωνα με διαθέσιμα μοντέλα και μεταμοντέλα περιγραφής ιδιοτήτων ποιότητας όπως χρόνος εκτέλεσης ή κόστος. Τρίτον, υποστηρίζεται αβεβαιότητα στην περιγραφή των καταστάσεων που συνθέτουν το μοντέλο συμπεριφοράς της υπηρεσίας, όπως για παράδειγμα, η υποστήριξη μερικώς παρατηρήσιμων αρχικών καταστάσεων στη διαδικασία σύνθεσης.

Για να διαπιστωθεί η χρησιμότητα της γλώσσας, διεξήχθη μια ενδελεχής ανάλυση μιας σειράς από ενδιαφέρουσες ιδιότητες. Αρχικά μελετήθηκε η ορθότητα της επέκτασης που αφορά τη σύνθεση υπηρεσιών ώστε να διαπιστωθεί ότι είναι σύμφωνη με τη θεμελίωση της γλώσσας. Στη συνέχεια, αναλύθηκε η πολυπλοκότητα και αποκρισμότητα της υποκείμενης θεωρίας λογισμού μεταβλητών ιδιοτήτων. Επίσης, εξετάστηκε η δυνατότητα εφαρμογής της γλώσσας όσον αφορά τη συμβατότητα και τη σύνδεση της με εναλλακτικές, σχετιζόμενες ή συμπληρωματικές γλώσσες στην επιστήμη υπηρεσιών, όπως οι WSDL, OWL-S, WSMO, USDL και BPMN.

Εξάλλου, για να αποδειχθούν τα σημαντικά οφέλη της WSSL, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα καινοτόμο σύστημα σύνθεσης και επαλήθευσης υπηρεσιών βάσει προδιαγραφών. Το σύστημα προάγει την έρευνα στο πεδίο της σύνθεσης υπηρεσιών ικανοποιώντας ταυτόχρονα μια σειρά από σημαντικές απαιτήσεις, χάρη στις δυνατότητες της WSSL. Ειδικότερα, υποστηρίζεται η περιγραφή δευτερευουσών συνεπειών τόσο στις υπηρεσίες όσο και στους στόχους σύνθεσης, ενώ η διαδικασία επαλήθευσης βάσει προδιαγραφών μπορεί να παρέχει επεξηγήσεις σε περίπτωση μη αναμενόμενης συμπεριφοράς, χάρη στις λύσεις στα προβλήματα επιπτώσεων και προϋποθέσεων. Επιπλέον, η διαδικασία σύνθεσης είναι αυτοματοποιημένη και παράγει σύνθετες υπηρεσίες υπό τη μορφή εργασιών ομαδοποιημένων σε ροές εργασίας με προδιαγραφές για κάθε εργασία, επιτρέποντας τη δυναμική αντιστοίχιση συγκεκριμένων υπηρεσιών για κάθε εργασία.

Επιπλέον απαιτήσεις ικανοποιούνται χάρη στις επεκτάσεις της WSSL. Συγκεκριμένα, η σύνθεση υποστηρίζει μη-ντετερμινιστικές δομές ελέγχου, όπως η εκτέλεση βάσει συνθήκης και η επαναληπτική εκτέλεση. Επίσης, υποστηρίζεται η περιγραφή καταστάσεων που είναι μερικώς παρατηρήσιμες (είτε πριν είτε μετά την εκτέλεση

μιας υπηρεσίας που συμμετέχει σε μια σύνθεση), όπως για παράδειγμα η εύρεση σύνθεσης που ικανοποιεί ένα στόχο βάσει ελλιπούς αρχικής κατάστασης. Ακόμα, υποστηρίζονται τόσο λειτουργικοί στόχοι όσο και στόχοι που αφορούν ΠΥ. Για την επιλογή βέλτιστων πλάνων εκτέλεσης και την ιεράρχηση τους βάσει ιδιοτήτων ποιότητας, χρησιμοποιούνται ευρετικοί κανόνες που αφορούν το εκάστοτε πρόβλημα σύνθεσης και στόχοι που αναφέρονται σε ποιοτικά χαρακτηριστικά μεμονωμένων εργασιών στο πλάνο. Για την επίτευξη στόχων που αφορούν χαρακτηριστικά ποιότητας ολόκληρης της σύνθεσης, παρέχεται μια καθολική μέθοδος συνάθροισης ΠΥ, βάσει μιας ολοκληρωμένης ταξινόμησης ιδιοτήτων ΠΥ με γνώμονα τη φύση και τους τύπους τιμών κάθε ιδιότητας.

Τέλος, εκτελέστηκε μια εκτενής πειραματική αξιολόγηση του συστήματος, εστιάζοντας σε κάθε ξεχωριστή υπομονάδα που περιέχεται, καθώς επίσης και μια αξιολόγηση του συστήματος συνολικά. Τα πειράματα βασίζονται σε συνθετικά παραγόμενες προδιαγραφές και προβλήματα σύνθεσης που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πολυπλοκότητας. Η βασικότερη μεταβλητή αξιολόγησης είναι ο χρόνος εκτέλεσης ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα κλιμακωτής απόδοσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις αξιολογήθηκε και η κατανάλωση μνήμης, ενώ για την περίπτωση της υπομονάδας που επιλέγει και ιεραρχεί τα διάφορα πλάνα εκτέλεσης κρίθηκε και το κατά πόσο το τελικό αποτέλεσμα είναι βέλτιστο.

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης δείχνουν ότι, ακόμα και υπό την παρουσία δευτερευουσών συνεπειών σε ένα υποσύνολο των προδιαγραφών που λαμβάνονται υπόψη, η διαδικασία εύρεσης συνθέσεων βάσει λειτουργικών στόχων είναι αποδοτική για αποθετήρια που περιέχουν μέχρι 500 διαφορετικά έγγραφα προδιαγραφών. Επιπλέον, το κόστος της διαδικασίας εύρεσης υπηρεσιών βάσει προδιαγραφών λειτουργικότητας είναι ασήμαντο όταν πρόκειται για μία εκτέλεση (δηλαδή την εύρεση όλων των προδιαγραφών και κατ' επέκταση όλων των υπηρεσιών που ταιριάζουν με την προδιαγραφή μιας υπηρεσίας). Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη διατήρηση της αποδοτικότητας του συστήματος, ακόμα και όταν η διαδικασία εύρεσης εκτελείται για όλες τις υπηρεσίες που περιέχονται σε πολλαπλές υποψήφιες συνθέσεις. Τέλος, η εύρεση του βέλτιστου πλάνου εκτέλεσης σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό από τους ευρετικούς κανόνες που ορίζονται για το εκάστοτε πρόβλημα σύνθεσης και άρα εξαρτάται κυρίως από την πραγματογνωμοσύνη του σχεδιαστή συνθέσεων υπηρεσιών.

Επόπτης Διδακτορικής Διατριβής: Καθηγητής, Δημήτριος Πλεξουσάκης

ABSTRACT

Service-Oriented Architecture (SOA) has emerged as a prominent design style that enables an IT infrastructure to allow different applications to participate in business processes, regardless of their underlying features, by encapsulating them as platform-independent entities that become available via a certain network, primarily the Internet. In order to effectively discover and use the most suitable services, service description should provide a complete behavior model, describing the inputs and

preconditions that are required before execution, as well as the outputs and effects of a successful execution. Such service specifications are indispensable in a variety of activities, such as conformance and verification checks, adaptation evaluation and deducing composability of services.

Service specifications rely on the expression of conditions that should hold before and after service execution. Such specifications are prone to a family of problems, known in the AI literature as the frame, ramification and qualification problems. These problems deal with the succinct and flexible representation of non-effects, indirect effects and preconditions, respectively. Research in services has largely ignored these problems, at the same time ignoring their effects, such as compromising the integrity and correctness of services and service compositions and the inability to provide justification for unexpected execution results.

To address these issues, this thesis proposes the Web Service Specification Language (WSSL), a novel, semantics-aware language for the specification and composition of services, independent of service design models. WSSL's foundation is the fluent calculus, a specification language for robots that offers solutions to the frame, ramification and qualification problems. Further language extensions achieve three major goals: realize service composition via planning, supporting non-deterministic constructs, such as conditionals and loops; include specification of QoS profiles; and support partially observable service states.

To investigate WSSL's applicability and demonstrate its benefits, we analyze correctness of the composition extension, decidability and complexity of the underlying theory, as well as compatibility with other related languages in service science. Moreover, an innovative service composition and verification framework is implemented, that advances state-of-the-art by satisfying several desirable requirements simultaneously: ramifications and partial observability in service and goal modeling; non-determinism in composition schemas; dynamic binding of tasks to concrete services; explanations for unexpected behavior; QoS-awareness through pruning and ranking techniques based on heuristics and task-specific goals and an all-encompassing QoS aggregation method for global goals.

Experimental evaluation is performed using synthetically generated specifications and composition goals, investigating performance scalability in terms of execution time, as well as optimality with regard to the produced composite process. The results show that, even in the presence of ramifications in some specifications, functional planning is efficient for repositories up to 500 specifications. Also, the cost of functional discovery per single service is insignificant, hence achieving good performance even when executed for multiple candidate plans. Finally, optimality relies mainly on defining suitable problem-specific heuristics; thus, its success depends mostly on the expertise of the composition designer.

Supervisor: Professor Dimitrios Pleksousakis