



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σύνθεση γεωδαιτικών ηλεκτρονικών υπηρεσιών

Γεώργιος Ι. Κουμανάκος

Επιβλέπουσα: Αφροδίτη Τσαλγατίδου, Αναπληρωτής Καθηγητής
Τεχνική Υποστήριξη: Γεώργιος Αθανασόπουλος, Υποψήφιος Διδάκτωρ
Μιχαήλ Πανταζόγλου, Διδάκτωρ

ΑΘΗΝΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2012

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σύνθεση γεωδαιτικών ηλεκτρονικών υπηρεσιών

Γεώργιος Ι. Κουμανάκος

A.M.: 896

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: **Αφροδίτη Τσαλαγίδου**, Αναπληρωτής Καθηγητής
ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ: **Γεώργιος Αθανασόπουλος**, Υποψήφιος Διδάκτωρ
Μιχαήλ Πανταζόγλου, Διδάκτωρ

Νοέμβριος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εξετάζει τρία OpenGIS πρότυπα του Open Geospatial Consortium (OGC), ονομαστικά τα WFS, WPS και SOS, τα οποία προδιαγράφουν ισάριθμους τύπους γεωχωρικών (geospatial) ηλεκτρονικών δικτυακών υπηρεσιών. Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες είναι προσβάσιμες μέσω διεπαφών που βασίζονται στις λειτουργίες POST και GET του πρωτοκόλλου HTTP. Οι διεπαφές αυτές, παρά την ευκολία υλοποίησης πρόσβασης που παρέχουν, δεν προσφέρονται για την ανάπτυξη σύγχρονων υπηρεσιοστρεφών εφαρμογών. Προς αυτή την κατεύθυνση και στα πλαίσια της εργασίας αυτής υλοποιούνται νέες διεπαφές τύπου υπηρεσίας ιστού (web service) για τις εν λόγω υπηρεσίες. Ακολουθείται μία προσέγγιση υλοποίησης υπηρεσιών ιστού ως προσόψεις (façades) σε υπάρχουσες υλοποιήσεις των OGC υπηρεσιών. Στη συνέχεια επιδεικνύεται η δυνατότητα ενσωμάτωσης των υπηρεσιών ιστού σε υπηρεσιοστρεφείς διεργασίες τύπου WS-BPEL. Το μικρό ίχνος και το μικρό επιπλέον επεξεργαστικό κόστος των σχετικών προσόψεων καθιστούν αρκετά ελκυστική την εγκατάστασή τους σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις των τριών OGC τύπων υπηρεσιών, δεδομένης της σημαντικά αναβαθμισμένης δυνατότητας χρησιμοποίησης πλέον των υπηρεσιών αυτών σε σύγχρονες υπηρεσιοστρεφείς εφαρμογές.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Επεξεργασία Γεωχωρικών Δεδομένων

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: γεωχωρική υπηρεσία, γεωχωρικά δεδομένα, υπηρεσία ιστού, εκτελέσιμη διεργασία, OGC, OpenGIS, WFS, WPS, SOS, WS-BPEL.

ABSTRACT

This Master thesis assesses three OpenGIS standards published by the Open Geospatial Consortium (OGC), namely WFS, WPS and SOS, standards which specify three types of network services operating on geospatial data. The services are accessible over the network via an interface based on the POST and GET operations of the HTTP protocol. These interfaces, albeit easy to implement and access, do not fit well in a contemporary applications environment based on a service-oriented architecture. Having such an environment in mind, arises the task of implementing a web service (in the SOAP/WSDL sense) interface for each of the aforementioned services. The chosen approach is that of façade web service implementations on top of existing implementations of the three services. A subsequent task undertaken is demonstrating the ability of incorporating the newly implemented web services into service oriented WS-BPEL processes. Deploying a façade close to an existing deployed implementation of its corresponding OGC service, thus offering the ability to deliver the service to a new host of service oriented solutions, seems to be an attractive choice to any service provider, taking into account its relatively small footprint as well as its reasonable processing overhead.

SUBJECT AREA: Geospatial Data Processing

KEYWORDS: geospatial service, geospatial data, web service, business process, OGC, OpenGIS, WFS, WPS, SOS, WS-BPEL.

*Στη γυναίκα μου Χρηστίνα
και στον γιο μου Κωνσταντίνο.*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα. Αφροδίτη Τσαλγατίδου καθώς και τους κκ. Γιώργο Αθανασόπουλο και Μιχάλη Πανταζόγλου για την υποστήριξη και καθοδήγησή τους σε καίρια σημεία κατά την εξέλιξη της εργασίας μου. Επίσης για την κατανόησή τους ως προς την κάπως ασυνεπή χρονικά από μέρους μου ενημέρωση για την πρόοδο της δουλειάς μου.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την σύζυγό μου Χρηστίνα και την μητέρα της Κωνσταντίνα για την αμέριστη υπομονή και έμπρακτη υποστήριξή τους αμέτρητες ώρες δικής μου μελέτης ήταν ώρες δικής τους θυσίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	12
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Το όραμα.....	14
1.2 Οι βάσεις.....	15
1.3 Στόχοι της παρούσας εργασίας	15
1.4 Οργάνωση του κειμένου	16
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	17
2.1 Open Geospatial Consortium, Inc (OGC).....	17
2.2 Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)	18
2.3 INSPIRE.....	18
2.4 Web service.....	19
2.5 WS-BPEL	19
2.6 JAX-WS	19

2.7	JAXB	19
3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ/ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	20
3.1	Web Feature Service.....	20
3.2	Web Processing Service	21
3.3	Sensor Observation Service	23
4.	ΣΥΝΘΕΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ	25
4.1	Περιγραφή της Προσέγγισης του θέματος	25
4.2	Τεχνολογίες – Περιβάλλον ανάπτυξης	26
4.3	Μέθοδος ανάπτυξης	26
5.	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	29
5.1	Βασικά Συστατικά (components).....	29
5.2	Πλεονεκτήματα προσέγγισης.....	31
5.3	Σχεδιασμός.....	33
5.4	BPEL Διεργασίες	36
5.4.1	Διεργασία 1. Δημιουργία πλαισίου (buffer)	36
5.4.2	Διεργασία 2. Απεικόνιση θέσεων αισθητήρων	41
6.	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	46
6.1	Δοκιμές	47
6.1.1	Δοκιμές WFS (τοπική OGC υπηρεσία)	47
6.1.2	Δοκιμές WFS (τοπική OGC υπηρεσία – έλεγχος απόδοσης).....	49
6.1.3	Δοκιμές WFS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία)	51
6.1.4	Δοκιμές WPS (τοπική OGC υπηρεσία)	53
6.1.5	Δοκιμές WPS (τοπική OGC υπηρεσία – έλεγχος απόδοσης)	54
6.1.6	Δοκιμές WPS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία)	56
6.1.7	Δοκιμές SOS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία)	57
6.1.8	Δοκιμές SOS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία – έλεγχος απόδοσης)	59
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ	62

7.1	Συμπεράσματα.....	62
7.2	Μελλοντικές επεκτάσεις	62
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	63
	ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	64
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ	65
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Βασικά Αρχιτεκτονικά Συστατικά	29
Σχήμα 2: Σενάριο 1	31
Σχήμα 3: Σενάριο 2	32
Σχήμα 4: Σενάριο 3	32
Σχήμα 5: Σενάριο 4	33
Σχήμα 6: Βασικά πακέτα	34
Σχήμα 7: Βασικές κλάσεις	36
Σχήμα 8: Μανχάταν, αρχικό	37
Σχήμα 9: Μανχάταν, με πλαίσιο	38
Σχήμα 10: Μανχάταν, με νέο πλαίσιο	39
Σχήμα 11: Διεργασία 1, BPEL	40
Σχήμα 12: Αισθητήρες, αρχικό	42
Σχήμα 13: Αισθητήρες, εισαγωγή 4 νέων	43
Σχήμα 14: Αισθητήρες, εισαγωγή 528 νέων	44
Σχήμα 15: Διεργασία 2, BPEL	45
Σχήμα 16: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WFS	48
Σχήμα 17: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WFS	48
Σχήμα 18: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WFS	49
Σχήμα 19: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WFS - αποδοτικότητα	51
Σχήμα 20: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WFS - αποδοτικότητα	51
Σχήμα 21: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WFS - αποδοτικότητα	51
Σχήμα 22: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη WFS	52
Σχήμα 23: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη WFS	52

Σχήμα 24: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη WFS	53
Σχήμα 25: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WPS.....	54
Σχήμα 26: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WFS	54
Σχήμα 27: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WPS.....	54
Σχήμα 28: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WPS - αποδοτικότητα	55
Σχήμα 29: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WPS - αποδοτικότητα	56
Σχήμα 30: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WPS - αποδοτικότητα	56
Σχήμα 31: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη WFS	57
Σχήμα 32: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη WFS	57
Σχήμα 33: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη WFS	57
Σχήμα 34: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη SOS.....	58
Σχήμα 35: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη SOS	58
Σχήμα 36: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη SOS	59
Σχήμα 37: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα	60
Σχήμα 38: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα	61
Σχήμα 39: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: WFS - Μορφότυπος μηνύματος / HTTP εντολή.....	21
Πίνακας 2: WFS - Μορφότυπος μηνύματος / Ερώτηση.....	21
Πίνακας 3: WPS - Μορφότυπος μηνύματος / HTTP εντολή.....	22
Πίνακας 4: WPS - Μορφότυπος μηνύματος / Ερώτηση.....	22
Πίνακας 5: WPS - Μορφότυπος μηνύματος / Απάντηση.....	22
Πίνακας 6: SOS - Μορφότυπος μηνύματος / Ερώτηση-Απάντηση.....	24
Πίνακας 7: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WFS.....	48
Πίνακας 8: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WFS - αποδοτικότητα.....	50
Πίνακας 9: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη WFS.....	52
Πίνακας 10: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WPS.....	53
Πίνακας 11: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WPS - αποδοτικότητα.....	55
Πίνακας 12: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη WPS.....	56
Πίνακας 13: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη SOS.....	58
Πίνακας 14: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα.....	60

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος είναι υποχρεωτική η εκπόνηση διπλωματικής εργασίας από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές. Για εμένα προσωπικά, έναν εργαζόμενο μεταπτυχιακό φοιτητή και, σχετικά πρόσφατα, υπερήφανο πατέρα, η επίγνωση του σημαντικού πλήθους ανθρωποωρών που μία τέτοια εργασία απαιτεί αποτελούσε ένα αγκάθι στο πίσω μέρος του μυαλού. Για να μπορέσω να ανταπεξέλθω θα έπρεπε αυτή η εργασία αν μη τι άλλο να αφορά ένα πεδίο έστω και αμυδρά ενδιαφέρον, ειδάλλως θα προέβαλλε απειλητικά το ενδεχόμενο της διαδικαστικής διεκπεραίωσης μίας κοπιαστικής 'αγγαρείας'. Έτσι όταν απευθύνθηκα στο Εργαστήριο Σ³ (S³ Lab : Service Oriented Computing, Software Engineering & Systems Analysis Laboratory) και στην υπεύθυνη κ. Τσαλαγιάδου προς αναζήτηση εργασίας η διαθεσιμότητα της παρούσας υπήρξε για εμένα μία πολύ ευνοϊκή συγκυρία. Η εργασία αυτή ήταν ο ιδανικός συνδυασμός του πεδίου των υπηρεσιών ιστού και των υπηρεσιοστρεφών αρχιτεκτονικών, που ανέκαθεν έβρισκα ενδιαφέρον στην επαγγελματική μου πορεία, και αυτού της διαχείρισης γεωγραφικών πληροφοριών, με το οποίο δεν είχε τύχει ως τώρα να ασχοληθώ άμεσα καίτοι πάντα μου φαινόταν πολύ ελκυστικό. Έτσι η ολοκλήρωση των ακαδημαϊκών μου υποχρεώσεων αποτέλεσε μία διδακτική και συνάμα ικανοποιητική εμπειρία: η εργασία αυτή, στο μεγάλο βαθμό που με αφορά, εκπλήρωσε τα όσα υποσχόταν.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το όραμα

Σε κάποιο δύσβατο σημείο της Πελοποννήσου ένας στύλος του κακοσυντηρημένου δικτύου, λόγω και της ακόμη καλά κρατούσας οικονομικής κρίσης, σπινθηροβολεί σαν εγκέφαλος συμβούλου κάποιου υπουργού που σκαρφίστηκε κάποιον τρόπο να φανεί (αλλά μόνο να φανεί) χρήσιμος. Το αυγουσιάτικο μελτέμι έχει καταφέρει να διεισδύσει ως εκεί, ελαφρώς βέβαια εξασθενημένο, μα πάντως διατηρώντας αρκετούς βαθμούς (τόσους που δεν μετρούνται στα δάχτυλα του ενός χεριού) στην κλίμακα μποφόρ. Οι κατ' όνομα αγρότες, που δεν θυμούνται πότε ήταν το τελευταίο πρωινό που τράβηξαν κατά τα χωράφια τους αντί να πάρουν τον δρόμο για το καφενείο, ευχαριστημένοι υπολογίζουν τα λεφτά που αναμένουν να τους αποδώσει η επένδυσή τους στα φωτοβολταϊκά – ο μήνας που πέρασε ήταν καλός, ούτε ένα συννεφάκι δεν σκίασε τα από γυαλί, μέταλλο και πυρίτιο 'σπαρτά' τους. Οι συνθήκες λοιπόν είναι ιδανικές για την γέννηση μίας νέας εστίας φωτιάς, η οποία βέβαια δεν περιμένει και πολύ για να επιβεβαιώσει τον νόμο των πιθανοτήτων. Έτσι, τι ασυνήθιστο, έχουμε μία νέα πυρκαγιά, στην Ελλάδα, το καλοκαίρι.

Όμως οι εποχές που τα οχήματα της πυροσβεστικής δεν ήξεραν πώς να προσεγγίσουν μέσω του οδικού δικτύου το μέτωπο της φωτιάς, ή που προσπαθώντας να ανεφοδιαστούν με νερό διαπίστωναν ότι οι παραπλήσιες δεξαμενές ήταν άδειες, έχουν περάσει ανεπιστρεπτή. Όπως ανεπιστρεπτή έχουν περάσει και οι εποχές που οι αρμόδιοι των εμπλεκόμενων φορέων (πυροσβεστική, δημοτικές αρχές, αστυνομία, ΔΕΗ, κλπ.) απομονωμένοι στα 'επιτελικά' γραφεία τους έβλεπαν εν μέσω απόλυτης σύγχυσης, ασυνεννοησίας και ελλιπούς ενημέρωσης τον 'Στρατηγό Άνεμο' να τους κατατροπώνει. Τώρα από την πρώτη στιγμή οι οδηγοί των οχημάτων μπορούσαν να δουν στην οθόνη των πλοηγών των οχημάτων τους να απεικονίζονται, με απόλυτη ακρίβεια, το πλήρες οδικό δίκτυο της περιοχής, οι θέσεις των κοντινών δεξαμενών ύδατος. Μπορούσαν ακόμη να δουν, με βάση την πιο πρόσφατη ενημέρωση από επιτόπιους παρατηρητές εφοδιασμένους με συστήματα GPS αλλά και της ΕΜΥ, τις εστίες και τα μέτωπα της πυρκαγιάς καθώς και την διεύθυνση του ανέμου. Οι δεξαμενές νερού ήταν φυσικά όλες πλήρεις, αφού αισθητήρες παρακολουθούσαν καθ' όλη την διάρκεια του έτους την στάθμη του περιεχόμενου νερού. Οι αστυνομικές αρχές ήταν σε θέση να προωθηθούν άμεσα στα κρίρια σημεία του οδικού δικτύου ώστε να διευκολύνουν τα διερχόμενα οχήματα διοχετεύοντας την κίνηση σε παρακαμπτήριες οδούς και αποτρέποντας την προσέγγιση, εκούσια ή ακούσια άσχετων οχημάτων στην επικίνδυνη ζώνη. Η ΔΕΗ είχε εγκαίρως διακόψει την ηλεκτροδότηση στα τμήματα του δικτύου που απειλούνταν από την πυρκαγιά ώστε να αποφευχθούν πιθανά βραχυκυκλώματα και δημιουργίες νέων εστιών. Οι δε επιτελείς των εμπλεκόμενων φορέων, βρισκόμενοι σε διαρκή τηλεδιάσκεψη μεταξύ τους καθ' όλη τη διάρκεια των επιχειρήσεων, όλοι έχοντας πλήρη απεικόνιση στις γιγαντοοθόνες τους όλων αυτών των κοινά διαθέσιμων γεωγραφικών πληροφοριών που προαναφέρθηκαν, απολάμβαναν την δυνατότητά τους να δίνουν καθοριστικές εντολές στους υφισταμένους τους. Υπήρχαν φυσικά και κάποιες παλιές καραβάνες που αναπολούσαν με κάποιο ίχνος νοσταλγίας τις εποχές που ήταν βέβαια ανίκανοι να σβήσουν ακόμη και μία μικρή φωτίτσα, η γιγάντωσή της όμως σε τρανή πύρινη λαίλαπα που κατέκαιγε δάση, καλλιέργειες και κατοικίες ακόμη, τους αναδείκνυε σε σχεδόν διάσημες τηλεοπτικές περσόνας – τώρα κανείς δεν έδινε σημασία στην έγκαιρη κατάσβεση άλλης μίας πυρκαγιάς.

Όλα αυτά μπορεί να μοιάζουν ίσως πιο απίθανα και από την αποφυγή μίας χρεοκοπίας από την Ελλάδα, παρ' όλα αυτά, οι βάσεις για την πραγματοποίηση μίας τέτοιας απιθανότητας έχουν ήδη μπει, τουλάχιστον στον βαθμό που αυτό αφορά την ύπαρξη των τεχνολογικών λύσεων και όχι την ελληνική νοοτροπία.

1.2 Οι βάσεις

Οι βάσεις για την υλοποίηση ενός τέτοιου οράματος είναι

- 1) η δυνατότητα παραγωγής επεξεργασίας αποθήκευσης και ανάκτησης γεωχωρικών δεδομένων, κάτι που λίγο ως πολύ ήδη υπάρχει και παρέχεται από διάφορα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης γεωχωρικών δεδομένων και παροχής γεωχωρικών υπηρεσιών,
- 2) η δυνατότητα διαλειτουργικότητας μεταξύ γεωχωρικών συστημάτων και υπηρεσιών, και
- 3) η ύπαρξη προτύπων διαλειτουργικότητας γεωχωρικών υπηρεσιών και προτύπων γεωχωρικών δεδομένων.

Είναι προφανές (ίσως όχι σε εταιρίες όπως η Microsoft) ότι για την επίτευξη του (2) προβάλλει ως σημαντικότερη προϋπόθεση το (3) και κάπου εκεί βασίζεται ο λόγος ύπαρξης οργανισμών όπως το Open Geospatial Consortium (OGC) [1] και το OSGeo [2].

1.3 Στόχοι της παρούσας εργασίας

Ένας κεντρικός παίκτης στο πεδίο της προτυποποίησης γεωχωρικών δεδομένων και υπηρεσιών είναι το Open Geospatial Consortium (OGC) [1]. Στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκαν τρία σημαντικά για το προαναφερθέν όραμα πρότυπα υπηρεσιών. Γεωχωρικά χαρακτηριστικά όπως οδικά δίκτυα, δίκτυα ηλεκτροδότησης, θέσεις πυροσβεστικών δεξαμενών, μπορούν να περιγραφούν, καταχωρηθούν και ανακληθούν με βάση το πρότυπο Web Feature Service (WFS) [3]. Ηλεκτρονικοί αισθητήρες θερμοκρασίας, έντασης και κατεύθυνσης ανέμου, ύψους υδάτων, μπορούν αντίστοιχα να περιγραφούν ως προς το μετρούμενο μέγεθος, την μέθοδο μέτρησης, την ακριβή γεωγραφική θέση τους κλπ. μέσω του προτύπου Sensor Observation Service (SOS) [5]. Μέσω του ίδιου προτύπου μπορούν να αναζητηθούν οι πιο πρόσφατες μετρήσεις αυτών των αισθητήρων και να ανακτηθούν ως γεωχωρικά δεδομένα αξιοποιήσιμα από WFS υπηρεσίες. Τέτοια δεδομένα θα μπορούσαν να υποστούν και κάποια επεξεργασία (από πολύ απλή ως εξαιρετικά περίπλοκη) από κάποια γεωχωρική πληροφοριακή υποδομή που περιγράφει και παρέχει τις επεξεργαστικές υπηρεσίες βάσει του προτύπου Web Processing Service (WPS) [4].

Είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς πως σε ένα ρεαλιστικό σενάριο όλες αυτές οι υπηρεσίες δεν μπορεί (και δεν θα έπρεπε άλλωστε) να παρέχονται από έναν και μόνο φορέα. Το πιο πιθανό είναι πολλοί φορείς να παρέχουν ανεξάρτητα τις δικές τους υπηρεσίες. Η αξία της ύπαρξης προτύπων και της συμμόρφωσης με αυτά προκύπτει και αναδεικνύεται ακριβώς από την δυνατότητα σύνθεσης κατά τα άλλα ασύνδετων υπηρεσιών, με τρόπους και για σκοπούς που μπορεί να μην είχαν προβλεφθεί από τους παρόχους των υπηρεσιών αυτών. Προς τον στόχο-όραμα της δημιουργίας πληροφοριακών συστημάτων υπηρεσιοστρεφούς αρχιτεκτονικής (service-oriented architecture), στα πλαίσια της εργασίας αυτής, αναπτύσσεται ένας μηχανισμός σύνθεσης των τριών (WFS, WPS και SOS) προτύπων υπηρεσιών σε υπηρεσιοστρεφείς εκτελέσιμες διεργασίες.

Σε τεχνικό επίπεδο ο παραπάνω στόχος-όραμα προσεγγίζεται επαρκώς, ως απόδειξη της ιδέας (proof of concept), με:

- την ανάπτυξη τριών υπηρεσιών ιστού (web services) που υλοποιούν τα μελετώμενα πρότυπα,

- την ανάπτυξη δύο εκτελέσιμων διεργασιών, σύμφωνα με την τεχνολογία WS-BPEL, οι οποίες συνθετικά καλούν τις παραπάνω υπηρεσίες ιστού.

1.4 Οργάνωση του κειμένου

Στο επόμενο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται συνοπτικά κάποιοι σημαντικοί οργανισμοί/οντότητες στον χώρο των γεωχωρικών υπηρεσιών, καθώς και κάποιες βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του στόχου.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα τρία πρότυπα υπηρεσιών που μελετήθηκαν. Αναφέρονται οι λειτουργίες (operations) που υποστηρίζουν (υποχρεωτικά ή προαιρετικά) καθώς και πληροφορίες για τις μορφές σύνταξης των ερωτήσεων (requests) και των αντίστοιχων απαντήσεων (responses).

Η τεχνική προσέγγιση του θέματος και οι σχετικές τεχνικές δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν αναπτύσσεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφεται η αρχιτεκτονική της λύσης που αναπτύχθηκε και τα πλεονεκτήματά της. Επίσης παρουσιάζονται αναλυτικότερα οι σχεδιαστικές λεπτομέρειες της λύσης που υλοποιήθηκε.

Οι δοκιμές που διενεργήθηκαν για να εκτιμηθεί η ορθότητα και η αποδοτικότητα της υλοποίησης αναφέρονται στο κεφάλαιο 6.

Κλείνοντας αναφέρονται στο κεφάλαιο 7 τα τελικά συμπεράσματα της εργασίας και προτείνονται κάποιες πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις.

Τέλος στο παράρτημα I καταγράφονται λεπτομερώς τα τελικά παραδοτέα της εργασίας (πηγαίος κώδικας, εκτελέσιμα αρχεία, λοιπά αρχεία), όπως αυτά περιέχονται στο τελικό οπτικό μέσο εγγραφής (CD-ROM).

2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά κάποιοι σημαντικοί οργανισμοί/οντότητες στον χώρο των γεωχωρικών υπηρεσιών, καθώς και κάποιες βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του στόχου της εργασίας.

2.1 Open Geospatial Consortium, Inc (OGC)

Το Open Geospatial Consortium, Inc (OGC) [1] είναι μία διεθνής κοινοπραξία (consortium) αποτελούμενη από εταιρίες, κυβερνητικές οργανώσεις και πανεπιστήμια που στοχεύει και πρωτοστατεί στην προσπάθεια επίτευξης διαλειτουργικότητας μεταξύ γεωχωρικών υπηρεσιών και εφαρμογών μέσω της ανάπτυξης ενός συνόλου από ανοικτά πρότυπα.

Τα κύρια πρότυπα-προϊόντα του OGC είναι τα OpenGIS Standards & Specs και παρακάτω αναφέρουμε ενδεικτικά ορισμένα ευρέως διαδεδομένα OpenGIS πρότυπα:

Το πρότυπο **Web Coverage Service (WCS)** [6] προδιαγράφει ένα σύνολο διεπαφών και λειτουργιών που επιτρέπει την διαλειτουργική πρόσβαση σε γεωχωρικές «καλύψεις». Μία κάλυψη είναι ένα σύνολο δεδομένων που αντιστοιχούν τιμές χαρακτηριστικών σε σημεία εντός ενός χωρικού πλαισίου. Π.χ. η κάλυψη μίας περιοχής, τάξεως επιφανείας αρκετών δεκάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων με συγκεκριμένα εύρη γεωγραφικού μήκους και πλάτους, μπορεί να αντιστοιχεί σε κάθε σημείο της περιοχής (με βήμα π.χ. 100 μέτρα) μία τιμή από το πεδίο [αστική ζώνη, δασική έκταση, αγροτική έκταση, ορεινή ζώνη, υδάτινη επιφάνεια].

Το πρότυπο **Web Map Service (WMS)** [7] προδιαγράφει μία απλή HTTP (Hypertext Transfer Protocol) διεπαφή που επιτρέπει την δημιουργία/ανάκτηση χαρτών, από καταχωρημένα δεδομένα σε γεωχωρικές βάσεις δεδομένων, δηλώνοντας την επιφάνεια και τα στρώματα ενδιαφέροντος (τα γεωχωρικά δεδομένα μπορούν να είναι διαστρωματωμένα, π.χ. κάλυψη εδάφους, οδικοί άξονες, σημεία οικισμών, κλπ.).

Το πρότυπο **Geography Markup Language (GML)** [8] είναι ένα XML (eXtensible Markup Language) πρότυπο για την αναπαράσταση γεωχωρικών χαρακτηριστικών. Χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση γεωχωρικών χαρακτηριστικών σε γεωχωρικές εφαρμογές και επιτρέπει την αποθήκευση, μεταφορά, επεξεργασία και μετασχηματισμό γεωχωρικών δεδομένων.

Η εταιρία Google, μέλος της κοινοπραξίας, υπέβαλλε την προδιαγραφή **KML** (formerly Keyhole Markup Language) [9] στην διαδικασία ανάπτυξης προτύπων του OGC, και πλέον αυτή έχει υιοθετηθεί ως πρότυπο του OGC. Το KML είναι ένα πρότυπο προσανατολισμένο στην οπτικοποίηση πληροφοριών όπως σχόλια ή φωτογραφίες σε ψηφιακούς χάρτες αλλά και στην πλοήγηση χρηστών σε αυτούς.

Την παρούσα διπλωματική αφορούν οι εξής τρεις προδιαγραφές:

Η υπηρεσία **Web Feature Service (WFS)** [3] επιτρέπει την δημιουργία, ανάκτηση, ενημέρωση και διαγραφή δεδομένων γεωδαιτικών χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του OGC γεωδαιτικά χαρακτηριστικά είναι αυτά η κατάσταση των οποίων μπορεί να περιγραφεί με ένα σύνολο από ζεύγη ιδιοτήτων-τιμών και τουλάχιστον μία από τις ιδιότητες παίρνει κάποια γεωμετρική τιμή.

Η υπηρεσία **Web Processing Service (WPS)** [4] επιτρέπει την δημοσίευση, εύρεση και κλήση γεωδαιτικών διεργασιών (διεργασιών πάνω σε γεωδαιτικά δεδομένα). Αυτές οι διεργασίες μπορεί να είναι από απλές στοιχειώδεις, όπως η δημιουργία ενός

πολυγώνου-πλαισίου (buffer) γύρω από μία πηγαία γεωμετρική οντότητα π.χ. ένα σύνολο από σημεία, έως και εξαιρετικά πολύπλοκες όπως η εφαρμογή ενός μαθηματικού μοντέλου κλιματικής αλλαγής σε ένα σύνολο δεδομένων. Οι ίδιες οι διεργασίες δεν αποτελούν μέρος του προτύπου.

Η υπηρεσία **Sensor Observation Service (SOS)** [5] επιτρέπει την περιγραφή και πρόσβαση σε δεδομένα παρατηρήσεων αισθητήρων. Ο τρόπος πρόσβασης και η διεπαφή είναι καθορισμένες, ανεξάρτητα εάν πρόκειται για επιτόπιες ή απομακρυσμένες παρατηρήσεις και ανεξάρτητα από το εάν πρόκειται για αισθητήρες σταθερούς ή κινητούς.

2.2 Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)

Θα μπορούσε να πει κανείς πως ό,τι είναι το OGC για τα ανοικτά γεωχωρικά πρότυπα είναι και το Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) [2] για το ανοιχτό γεωχωρικό λογισμικό. Το OSGeo είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός με σκοπό την υποστήριξη και προώθηση της συνεργατικής ανάπτυξης ανοικτών γεωχωρικών τεχνολογιών και δεδομένων.

Ως εκ τούτου η υποστήριξη και προώθηση προτύπων όπως αυτά του OGC είναι σχεδόν νομοτελειακή συνέπεια, μάλιστα τα OSGeo και OGC έχουν υπογράψει σχετικό μνημόνιο συνεργασίας που συμπεριλαμβάνει πρότυπες υλοποιήσεις αναφοράς των OGC προτύπων από το OSGeo και συμμετοχή του OSGeo στην ανάπτυξη των OGC προτύπων.

Τα παρακάτω OSGeo έργα (projects) έχουν αναπτύξει ομώνυμο λογισμικό που υλοποιεί OGC πρότυπα και που χρησιμοποιήθηκε από την παρούσα διπλωματική.

Το GeoServer [10] είναι μία διαδικτυακή εφαρμογή ανοιχτού λογισμικού γραμμένη σε Java που επιτρέπει στους χρήστες να επεξεργάζονται και να διαμοιράζουν γεωχωρικά δεδομένα. Το GeoServer αποτελεί την υλοποίηση αναφοράς των υπηρεσιών WFS και WCS του OGC, καθώς επίσης και μία πιστοποιημένη και υψηλής απόδοσης υλοποίηση της υπηρεσίας WMS.

Το deegree [11] είναι ένα framework βασισμένο σε Java που παρέχει τα δομικά στοιχεία για την κατασκευή μίας πλήρους υποδομής γεωχωρικών δεδομένων. Αποτελεί την πιο εκτεταμένη υλοποίηση των OGC προτύπων και υπηρεσιών στο χώρο του ανοιχτού και ελεύθερου λογισμικού, υλοποιώντας ενδεικτικά τα WMS, WFS, WCS, CS-W, Gazetteer, WPS, WCTS, WTS/WPVS κλπ..

Το MapServer [12] είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης ανοιχτού λογισμικού για την κατασκευή διαδικτυακών εφαρμογών και υπηρεσιών παρασκευής χαρτών βασισμένων σε γεωχωρικά δεδομένα. Υποστηρίζει διαδοσμένες υπηρεσίες του OGC, συμπεριλαμβανομένων των WMS, WFS και WCS.

2.3 INSPIRE

Το INSPIRE (the Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) [13] είναι μία ευρωπαϊκή οδηγία (directive) που στόχο έχει την δημιουργία μίας κοινής υποδομής γεωχωρικών πληροφοριών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Σκοπός της υποδομής αυτής είναι να υποστηρίξει τις περιβαλλοντικές πολιτικές της ΕΕ. Η οδηγία INSPIRE έχει ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο των ευρωπαϊκών κρατών, μεταξύ αυτών και της Ελλάδας.

Υπεύθυνος εκτελεστικός οργανισμός για την συμμόρφωση με την συγκεκριμένη οδηγία στην Ελλάδα είναι ο Οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος

(ΟΚΧΕ) ο οποίος προς τον σκοπό αυτό είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη και λειτουργία της Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ) [14].

Σε τεχνικό επίπεδο η INSPIRE ορίζει υπηρεσίες που βασίζονται σε αντίστοιχες του OGC, αλλά επίσης [15] θέτει ως απαραίτητη τεχνολογία την χρήση υπηρεσιών ιστού. Για παράδειγμα η υπηρεσία INSPIRE View Service βασίζεται αυστηρά στην υπηρεσία WMS, καθώς είναι βασική απαίτηση [16] για την View Service η υποστήριξη των υποχρεωτικών λειτουργιών της WMS. Είναι θετικό λοιπόν το γεγονός ότι η παρούσα διπλωματική εργασία συνάδει με την γενική κατεύθυνση της οδηγίας INSPIRE.

2.4 Web service

Μία υπηρεσία ιστού (web service) [21], σύμφωνα με το World Wide Web Consortium (W3C), είναι ένα σύστημα λογισμικού που επιτρέπει την αλληλεπίδραση υπολογιστικών συστημάτων πάνω από ένα δίκτυο (χωρίς την παρέμβαση ανθρώπων-χρηστών). Μία υπηρεσία ιστού έχει μία διεπαφή που περιγράφεται από συγκεκριμένο μορφότυπο WSDL (Web Services Description Language) [26], ενώ άλλες εφαρμογές μπορούν να αλληλεπιδρούν με αυτή, με προκαθορισμένο από την περιγραφή τρόπο, μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων επίσης συγκεκριμένου μορφοτύπου SOAP (Simple Object Access Protocol) [27] και συνήθως τη χρήση του πρωτοκόλλου HTTP.

2.5 WS-BPEL

Η WS-BPEL (Web Services Business Process Execution Language) [22] είναι μία γλώσσα για την περιγραφή εκτελέσιμων, αλλά και αφηρημένων, επιχειρησιακών διεργασιών (business processes), των οποίων οι ενέργειες επιτελούνται από υπηρεσίες ιστού. Η WS-BPEL επεκτείνει το μοντέλο αλληλεπίδρασης των υπηρεσιών ιστού επιτρέποντας την υποστήριξη πλήρων επιχειρησιακών συναλλαγών (business transactions).

2.6 JAX-WS

Το Java API for XML Web Services (JAX-WS) [23] είναι μία σχετικά πρόσφατη Java τεχνολογία που απλοποιεί την ανάπτυξη υπηρεσιών ιστού και των αντίστοιχων εφαρμογών-πελατών. Η προδιαγραφές του JAX-WS εναρμονίζονται με τις σύγχρονες τάσεις της βιομηχανίας λογισμικού προς ένα μοντέλο υπηρεσιών ιστού με έμφαση στην ανταλλαγή μηνυμάτων (document-centric messaging model), σε αντιδιαστολή με το παλιότερο προγραμματιστικό μοντέλο απομακρυσμένων κλήσεων (remote procedure call programming model).

2.7 JAXB

Η Java Architecture for XML Binding (JAXB) [24] είναι μία τεχνολογία σύζευξης μεταξύ Java και XML που επιτρέπει τον μετασχηματισμό XML σχημάτων (XML Schemas) σε Java κλάσεις, και αντίστοιχων XML δεδομένων (XML documents) σε Java αντικείμενα, και αντίστροφα. Συναποτελείται από μία διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (API - application programming interface) και από συνοδευτικά εργαλεία που απλοποιούν την πρόσβαση σε XML δεδομένα.

Η τεχνολογία JAX-WS χρησιμοποιεί την JAXB ως προτιμώμενη τεχνολογία σύζευξης μεταξύ Java και XML, για την απλοποίηση της ανάπτυξης υπηρεσιών ιστού.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ/ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι τρεις υπηρεσίες που ενδιαφέρουν. Αναφέρονται οι λειτουργίες (operations) που υποστηρίζουν (υποχρεωτικά ή προαιρετικά) καθώς και πληροφορίες για τις μορφές σύνταξης των ερωτήσεων (requests) και των αντίστοιχων απαντήσεων (responses).

3.1 Web Feature Service

Η υπηρεσία Web Feature Service (WFS) [1] επιτρέπει την δημιουργία, ανάκτηση, ενημέρωση και διαγραφή γεωγραφικών χαρακτηριστικών.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του OGC η κατάσταση ενός γεωγραφικού χαρακτηριστικού μπορεί να περιγραφεί με ένα σύνολο από ζεύγη ιδιοτήτων-τιμών, όπου τουλάχιστον μία από τις ιδιότητες παίρνει κάποια γεωμετρική τιμή.

Μπορούμε να πούμε κατ' αναλογία ότι, όπως η WMS υπηρεσία επιτρέπει σε έναν πελάτη την υπέρθεση αλληπάλληλων εικόνων-χαρτών, προερχόμενων από διάφορες WMS πηγές στο Internet, έτσι και η WFS επιτρέπει σε έναν πελάτη να ανακτήσει ή να ενημερώσει γεωχωρικά δεδομένα, κωδικοποιημένα σε GML προερχόμενα από διάφορες WFS πηγές.

Οι λειτουργίες/ερωτήσεις που επιτρέπει η WFS είναι:

- *GetCapabilities*: Η λειτουργία περιγράφει (πέρα από άλλα μεταδεδομένα) τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά που παρέχει η συγκεκριμένη υπηρεσία και τις λειτουργίες που επιτρέπει επί αυτών. Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *DescribeFeatureType*: Η λειτουργία περιγράφει την δομή των γεωδαιτικών χαρακτηριστικών που παρέχει η συγκεκριμένη υπηρεσία. Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *GetFeature*: Η λειτουργία επιτρέπει την αναζήτηση των γεωδαιτικών χαρακτηριστικών που παρέχει η συγκεκριμένη υπηρεσία. Η αναζήτηση θα μπορεί να φιλτράρει το σύνολο των δεδομένων με βάση τις τιμές κάποιων ιδιοτήτων, γεωμετρικών ή μη, καθώς και να επιλέξει τις ιδιότητες τις οποίες ζητά να ανακτηθούν. Η απάντηση είναι σε XML μορφή σύμφωνα με την OGC προδιαγραφή Geography Markup Language (GML).
- *Transaction*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει ενέργειες δημιουργίας, ενημέρωσης και διαγραφής των γεωδαιτικά χαρακτηριστικά που παρέχει η συγκεκριμένη υπηρεσία. Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *LockFeature*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει το κλείδωμα μέρους των δεδομένων κατά την διάρκεια εκτέλεσης μίας ερώτησης Transaction, ώστε να εξασφαλίζει την ατομικότητα (atomicity) της εκτέλεσης και επομένως και την δυνατότητα αναίρεσης σε περίπτωση κάποιας μη ομαλής ολοκλήρωσης (γενικά δεν χρησιμοποιείται). Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *GetGmlObject*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει τη χρησιμοποίηση Xlinks για να προσπελασθούν τμήματα σύνθετων δεδομένων (γενικά δεν χρησιμοποιείται). Η απάντηση είναι σε XML μορφή σύμφωνα με την OGC προδιαγραφή Geography Markup Language (GML).

Μία WFS υπηρεσία μπορεί να χαρακτηριστεί βασική (basic) WFS εάν υλοποιεί τις ερωτήσεις GetCapabilities, DescribeFeatureType και GetFeature. Σε αυτή την περίπτωση μπορεί να θεωρηθεί και ως μία ανάγνωσης-μόνο (read-only) WFS υπηρεσία.

Μία WFS υπηρεσία μπορεί να χαρακτηριστεί συναλλακτική (transactional) WFS (WFS-T) εάν υλοποιεί τις ερωτήσεις μίας βασικής WFS και επιπρόσθετα υλοποιεί την ερώτηση Transaction. Προαιρετικά μία συναλλακτική WFS μπορεί να υλοποιεί μία ή και τις δύο εκ των ερωτήσεων GetGmlObject και LockFeature.

Ο Πίνακας 1 δείχνει τους επιτρεπτούς συνδυασμούς HTTP εντολής και σύνταξης, που προδιαγράφει η WFS, καθώς και τον τύπο MIME που θα πρέπει να δηλώνεται στην ερώτηση (η τιμή 'Not applicable' σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος συνδυασμός επιτρέπεται, απλά δεν έχει νόημα ο ορισμός MIME type για την ερώτηση).

Πίνακας 1: WFS - Μορφότυπος μηνύματος / HTTP εντολή

	HTTP GET	HTTP POST
XML encoding		text/xml
KVP encoding	Not applicable	application/x-www-form-urlencoded

Ο Πίνακας 2 δείχνει τους επιτρεπτούς τύπους σύνταξης για κάθε WFS ερώτηση.

Πίνακας 2: WFS - Μορφότυπος μηνύματος / Ερώτηση

Ερώτηση	Επιτρεπτή σύνταξη
GetCapabilities	XML, KVP
GetFeature	XML, KVP
DescribeFeatureType	XML, KVP
GetGmlObject	XML, KVP
Transaction	XML, KVP
LockFeature	XML, μερικώς KVP

3.2 Web Processing Service

Η υπηρεσία Web Processing Service (WPS) [4] επιτρέπει την δημοσίευση, εύρεση και κλήση γεωδαιτικών διεργασιών (διεργασιών πάνω σε γεωδαιτικά δεδομένα). Αυτές οι διεργασίες μπορεί να είναι από απλές, όπως η δημιουργία ενός buffer πολυγώνου γύρω από μία πηγαία γεωμετρική οντότητα όπως ένα σύνολο από σημεία, έως και πολύπλοκές όπως η εφαρμογή ενός μαθηματικού μοντέλου κλιματικής αλλαγής. Οι ίδιες οι διεργασίες δεν αποτελούν μέρος του προτύπου.

Οι λειτουργίες/ερωτήσεις που επιτρέπει η WPS είναι:

- *GetCapabilities*: Η λειτουργία (πέρα από άλλα μεταδεδομένα) θα πρέπει να παρέχει τα ονόματα και γενικές περιγραφές των διεργασιών που παρέχονται από την συγκεκριμένη υπηρεσία. Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *DescribeProcess*: Η λειτουργία παρέχει αναλυτική περιγραφή μίας παρεχόμενης διεργασίας, των απαιτούμενων δεδομένων εισόδου και των εξαγόμενων δεδομένων της. Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *Execute*: Αυτή η λειτουργία επιτρέπει την εκτέλεση μίας από τις παρεχόμενες διεργασίες. Τα αποτελέσματα της Execute μπορεί να επιστρέφονται με διάφορους τρόπους, κυρίως ως XML, ανάλογα και με την φύση της καλούμενης διεργασίας, π.χ. ενσωματωμένα σε ένα XML, αποθηκευμένα σε κάποιο server (οπότε το σχετικό URL περιέχεται στο επιστρεφόμενο XML), ή εναλλακτικά ακόμη και σε raw μορφή (όταν η διεργασία επιστρέφει μόνο ένα output).

Ο Πίνακας 3 δείχνει τους επιτρεπτούς συνδυασμούς HTTP εντολής και σύνταξης που προδιαγράφει η WPS.

Πίνακας 3: WPS - Μορφότυπος μηνύματος / HTTP εντολή

	HTTP GET	HTTP POST
XML encoding		X
KVP encoding	X	

Ο Πίνακας 4 δείχνει τους επιτρεπτούς τύπους σύνταξης για κάθε WPS ερώτηση.

Πίνακας 4: WPS - Μορφότυπος μηνύματος / Ερώτηση

Ερώτηση	Υποχρεωτική σύνταξη	Προαιρετική σύνταξη
GetCapabilities	KVP	XML
DescribeProcess	KVP	XML
Execute	XML	KVP

Ο Πίνακας 5 δείχνει τους τύπους σύνταξης για κάθε WPS απάντηση.

Πίνακας 5: WPS - Μορφότυπος μηνύματος / Απάντηση

Απάντηση	Σύνταξη
GetCapabilities	XML
DescribeProcess	XML
Execute	XML-embedded, XML-referenced, raw

Σημειώνουμε ότι παρά το ότι στις προδιαγραφές της WPS αναφέρεται πως υποστηρίζεται η χρήση SOAP και WSDL, αυτή η χρήση είναι προαιρετική και πρακτικά δεν βρήκαμε κάποια υλοποίηση που να τα υποστηρίζει. Μάλιστα η προδιαγραφή φαίνεται μάλλον να αποθαρρύνει την χρήση του WSDL αφού, αδικώντας το, θεωρεί ότι υπολείπεται σε δυνατότητες περιγραφής μίας διεργασίας έναντι της λειτουργίας DescribeProcess (η οποία έχει προφανώς σχεδιαστεί ειδικά για αυτόν τον σκοπό) καθώς και σε δυνατότητες αλυσιδωτής κλήσης υπηρεσιών (service chaining), κάτι που δεν είναι στις αρμοδιότητες του WSDL αλλά μπορεί να επιτευχθεί (και μάλιστα πολύ πιο ευέλικτα) π.χ. μέσω WS-BPEL διεργασιών (όπως γίνεται στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής). Φαίνεται σαν να αντιμετωπίζονται ως μία υποδεέστερη εναλλακτική, παρά ως μία συμπληρωματική λειτουργικότητα που θα μπορούσε να προσδώσει ευρύτερες δυνατότητες διαλειτουργικότητας. Παρ' όλα αυτά αναγνωρίζεται η ευρύτερη διάδοση αυτής της εναλλακτικής.

3.3 Sensor Observation Service

Η υπηρεσία Sensor Observation Service (SOS) [5] επιτρέπει την περιγραφή και πρόσβαση σε δεδομένα παρατηρήσεων αισθητήρων. Παρά την ευρεία διαφοροποίηση συστημάτων αισθητήρων (π.χ. απομακρυσμένοι ή επιτόπιοι, σταθεροί ή κινητοί) η προδιαγραφή έχει δώσει έμφαση στην αποτύπωση ενός ομεγενοποιημένου μοντέλου για όλο το εύρος αισθητήρων και παρερχόμενων παρατηρήσεων, έτσι ώστε να παρέχεται ένας κοινός τρόπος πρόσβασης στα δεδομένα αυτών.

Οι λειτουργίες/ερωτήσεις που επιτρέπει η SOS είναι:

- *GetCapabilities*: Η λειτουργία παρέχει μεταδεδομένα σχετικά με την συγκεκριμένη υπηρεσία. Η απάντηση είναι σε μορφή XML.
- *DescribeSensor*: Η λειτουργία παρέχει λεπτομερείς περιγραφές ενός αισθητήρα και των παρεχόμενων παρατηρήσεων. Η απάντηση είναι σε XML μορφή σύμφωνη με τις OGC προδιαγραφές Sensor Model Language (SensorML) ή Transducer Markup Language (TML).
- *GetObservation*: Η λειτουργία επιτρέπει την αναζήτηση, με διάφορα χωροχρονικά και άλλα φίλτρα, δεδομένων παρατηρήσεων. Η απάντηση είναι σε XML μορφή σύμφωνη με την OGC προδιαγραφή Observation and Measurement O&M).
- *RegisterSensor*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει την καταχώρηση στην συγκεκριμένη υπηρεσία ενός νέου συστήματος αισθητήρων.
- *InsertObservation*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων παρατηρήσεων για ένα καταχωρημένο στην συγκεκριμένη υπηρεσία σύστημα αισθητήρων.
- *GetObservationById*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει την ανάκτηση δεδομένων παρατηρήσεων βάση ενός identifier (id). Ο identifier μπορεί να έχει προκύψει από μία προηγούμενη κλήση μίας InsertObservation λειτουργίας ή από κάποιο άλλο XML.
- *GetResult*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιτρέπει την κατ' εξακολούθηση (π.χ. περιοδικά) ανάκτηση πρόσφατων δεδομένων παρατηρήσεων από τους ίδιους αισθητήρες, χωρίς την ανάγκη κλήσης της GetObservation (η κλήση της GetObservation απαιτείται μόνο μία φορά στην αρχή). Με τον τρόπο αυτό γίνεται σημαντική εξοικονόμηση bandwidth.

- *GetFeatureOfInterest*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιστρέφει την περιγραφή μίας παρατηρούμενης οντότητας για την οποία προσφέρονται δεδομένα παρατηρήσεων από αισθητήρες καταχωρημένους στην συγκεκριμένη υπηρεσία.
- *GetFeatureOfInterestTime*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιστρέφει τις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες υπάρχουν δεδομένα για μία παρατηρούμενη οντότητα.
- *DescribeFeatureType*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιστρέφει το XML Schema μίας παρατηρούμενης οντότητας.
- *DescribeObservationType*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιστρέφει το XML Schema μίας παρατήρησης.
- *DescribeResultModel*: Η προαιρετική αυτή λειτουργία επιστρέφει το XML Schema των αποτελεσμάτων που θα επιστρέφει μία κλήση της *GetResult* για μία συγκεκριμένη παρατηρούμενη οντότητα.

Ο επόμενος Πίνακας 6 δείχνει τους επιτρεπτούς τύπους σύνταξης για κάθε SOS ερώτηση και την αντίστοιχη απάντηση. Σε παρένθεση αναφέρονται εξειδικευμένοι XML τύποι – (που μπορεί να είναι και OGC πρότυπα) που εμπεριέχονται ή και αποτελούν αυτούσιο το σώμα της ερώτησης (ή απάντησης).

Πίνακας 6: SOS - Μορφότυπος μηνύματος / Ερώτηση-Απάντηση

Ερώτηση	Ερώτηση	Απάντηση
GetCapabilities	XML, KVP	XML
DescribeSensor	XML	XML (SensorML or TML)
GetObservation	XML	XML (O&M)
RegisterSensor	XML	XML (SensorML or TML, Q&M)
InsertObservation	XML (Q&M)	XML
GetObservationById	XML	XML (Q&M)
GetResult	XML	XML
GetFeatureOfInterest	XML	XML (GML)
GetFeatureOfInterestTime	XML	XML (GML)
DescribeFeatureType	XML	XML Schema
DescribeObservationType	XML	XML Schema
DescribeResultModel	XML	XML Schema

4. ΣΥΝΘΕΣΗ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

4.1 Περιγραφή της Προσέγγισης του θέματος

Κύριοι αντικειμενικοί στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι:

- Η μελέτη των παρακάτω τριών γεωχωρικών υπηρεσιών/προδιαγραφών της κοινοπραξίας OGC (Open Geospatial Consortium):
 - Web Feature Service (WFS)
 - Web Processing Service (WPS)
 - Sensor Observation Service (SOS)
- Η ανάλυση, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη επεκτάσεων των παραπάνω υπηρεσιών σε υπηρεσίες ιστού.
- Ανάπτυξη ενός αριθμού ενδεικτικών διεργασιών που καλούν τις υπηρεσίες ιστού.

Οι περισσότερες δικτυακές OGC υπηρεσίες, ανάμεσά τους και οι WFS, WPS και SOS, όπως προδιαγράφονται από την OGC αποτελούνται από ένα σύνολο λειτουργιών που παρέχονται ως δικτυακές εφαρμογές μέσω του πρωτοκόλλου HTTP και ειδικότερα των λειτουργιών GET και POST. Η μορφοποίηση των ερωτημάτων είναι είτε σε KVP (key/value pair) (ζεύγος κλειδιού/τιμής) είτε σε XML μορφότυπο. Οι απαντήσεις μπορεί να είναι κυρίως σε XML ή σε δυαδικό (binary) μορφότυπο.

Υπάρχει ένα κοινό πρότυπο, το OGC Web Services Common Specification [17], που προδιαγράφει τα κοινά στοιχεία όλων, ή έστω των περισσότερων δικτυακών υπηρεσιών. Κάθε επί μέρους υπηρεσία στη συνέχεια επεκτείνει αυτές τις προδιαγραφές. Τα κοινά αυτά στοιχεία είναι κυρίως ο προσδιορισμός (μερικός) των ερωτήσεων και των αντίστοιχων απαντήσεων των λειτουργιών μίας δικτυακής υπηρεσίας, οι παράμετροι και οι δομές δεδομένων αυτών των ερωταποκρίσεων, καθώς και η συντακτική τους απεικόνιση, κυρίως με δύο μορφές σύνταξης, XML και KVP (Keyword Value Pair).

Μία OGC δικτυακή υπηρεσία ακολουθεί το καταμεμημένο υπολογιστικό μοντέλο που βασίζεται σε ερωτήσεις / απαντήσεις του πρωτοκόλλου HTTP. Για τις ερωτήσεις χρησιμοποιούνται εν γένει οι εντολές GET και POST. Η πρώτη συνδυάζεται με την σύνταξη KVP όπου τα ζεύγη κλειδιού-τιμής εκφράζονται σαν ζεύγη παραμέτρου-τιμής στο request URL. Η δεύτερη μπορεί να συνδυαστεί και με τις δύο μορφές σύνταξης XML και KVP.

Το OGC, αναγνωρίζοντας την ευρύτατη διάδοση της τεχνολογίας των υπηρεσιών ιστού (κατά την έννοια του W3C, δηλαδή βασισμένων στα πρότυπα SOAP/WSDL), έχει αντιληφθεί την σημασία της υιοθέτησης της τεχνολογίας αυτής. Έτσι σε διάφορα έγγραφα [18] [19] [20], από απλά κείμενα τύπου αίτησης-για-αλλαγή (request-for-change), κείμενα συζήτησης (discussion papers) έως λευκές βίβλους (white papers) ή και προδιαγραφές προτύπων (standards specifications) εμφανίζονται αναφορές σε SOAP και WSDL.

Εντούτοις τα υπάρχοντα πρότυπα που προδιαγράφουν δικτυακές υπηρεσίες, ανάμεσά τους και τις υπηρεσίες που εξετάζουμε, δεν προδιαγράφουν διεπαφές υπηρεσιών ιστού. Υπογραμμίζεται όμως από το OGC η ανάγκη να συμπεριληφθούν τέτοιες διεπαφές σε επόμενες εκδόσεις των προτύπων.

Αναμφίβολά το OGC κινείται, προαιρετικά τουλάχιστον, αρχικά, προς την κατεύθυνση της υιοθέτησης των υπηρεσιών ιστού.

Παράλληλα αναγνωρίζεται (από το OGC) ότι υπάρχει ήδη ένα σημαντικό πλήθος υλοποιήσεων 'κλασικών' (βασισμένων σε HTTP GET/POST) OGC υπηρεσιών, οπότε θα συνυπάρχουν πιθανότατα για αρκετό καιρό και οι δύο τεχνολογικές υλοποιήσεις. Γι' αυτό και αναφέρεται [19] ως μία χρήσιμη λύση η δημιουργία γενικών εφαρμογών-περιτυλιγμάτων (generic wrappers) ώστε να μετατρέπεται μία SOAP/WSDL κλήση σε HTTP GET/POST ή αντίστροφα.

Ένας από τους κύριους στόχους της εργασίας, όπως προαναφέρθηκε, είναι η επέκταση των τριών OGC υπηρεσιών ώστε να παρέχονται ως υπηρεσίες ιστού. Την λύση των περιτυλιγμάτων έχει ακολουθήσει κι η παρούσα προσέγγιση. Στο υπόλοιπο κείμενο θα χρησιμοποιείται κατά προτίμηση ο όρος 'πρόσοψη' (facade) αντί του όρου 'περιτύλιγμα' (wrapper). Κατόπιν διερεύνησης των διαθέσιμων υλοποιήσεων ανοικτού κώδικα για τις τρεις προδιαγραφές/υπηρεσίες της εργασίας επιλέχθηκαν οι υλοποιήσεις GeoServer (για την υπηρεσία WFS), deegree (για την WPS), καθώς και η χρήση δύο απομακρυσμένων δημόσια διαθέσιμων SOS υπηρεσιών.

4.2 Τεχνολογίες – Περιβάλλον ανάπτυξης

Για την ανάπτυξη του σχετικού λογισμικού έχουν χρησιμοποιηθεί κυρίως οι τεχνολογίες της πλατφόρμας J2EE (Java 2 Enterprise Edition) με βασικότερες τις JAX-WS και JAXB. Για τις BPEL διεργασίες οι τεχνολογίες WS-BPEL και XSLT [25].

Ως OGC WFS υλοποίηση έχει χρησιμοποιηθεί το λογισμικό GeoServer που αποτελεί την υλοποίηση αναφοράς της εν λόγω υπηρεσίας. Για την υποστήριξη του WFS-T μέρους της υπηρεσίας, το GeoServer χρησιμοποιεί την σχεσιακή βάση δεδομένων Postgres με την επέκτασή της PostGIS για υποστήριξη γεωχωρικών δεδομένων.

Το λογισμικό deegree 3.0 έχει χρησιμοποιηθεί ως υλοποίηση της OGC WPS υπηρεσίας.

Το deegree, όπως και το GeoServer έχουν υλοποιηθεί ώστε να εκτελούνται ως διαδικτυακές εφαρμογές (web applications) σε έναν διακομιστή εφαρμογών Java (Java application server). Ως τέτοιος διακομιστής εφαρμογών έχει επιλεγεί ο Apache Tomcat (για την ακρίβεια ο Tomcat θεωρείται servlet container, μη υλοποιώντας το σύνολο των υπηρεσιών ενός διακομιστή εφαρμογών Java).

Για την εκτέλεση των BPEL διεργασιών χρησιμοποιείται ο διακομιστής εφαρμογών GlassFish με την επέκτασή του ESB v2.2.

Για την ανάπτυξη του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) NetBeans v6.7.1, ενώ για την κατασκευή και επεξεργασία διαφόρων XML αρχείων (WSDL, XSD, XSLT) ένας απλός κειμενογράφος (text editor) το gvim.

4.3 Μέθοδος ανάπτυξης

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται η μεθοδολογία ανάπτυξης που ακολουθήθηκε.

Το βασικό σημείο αναφοράς, όσον αφορά την ανάπτυξη, για την κάθε υπηρεσία ιστού ήταν το αντίστοιχο αρχείο περιγραφής της υπηρεσίας (WSDL). Αυτό κατασκευάστηκε σε γενικές γραμμές με βάση τις παρακάτω αρχές:

- Χρησιμοποιήθηκε η μορφή δέσμευσης (binding) document/literal γιατί θέλουμε η υπηρεσία να ανταλλάσει XML μηνύματα.
- Δημιουργείται μία λειτουργία υπηρεσίας ιστού (wsdl:operation) ανά λειτουργία της κλασικής OGC υπηρεσίας. Το όνομα της λειτουργίας είναι της μορφής [συντομογραφία υπηρεσίας].[OGC όνομα λειτουργίας] π.χ. wfs.getCapabilities
- Τα μηνύματα (wsdl:message) που χρησιμοποιούνται ως είσοδος/έξοδος (wsdl:input/wsdl:output) κάθε λειτουργίας έχουν ως περιεχόμενο τα αντίστοιχα XML μηνύματα ερώτησης/απάντησης που ορίζει η OGC υπηρεσία. Το όνομα των μηνυμάτων είναι της μορφής [OGC όνομα λειτουργίας]+”Request” για την ερώτηση και [OGC όνομα λειτουργίας]+”Response” για την απάντηση π.χ. GetCapabilitiesRequest και GetCapabilitiesResponse
- Για κάθε λειτουργία ορίζεται και ένα μήνυμα λάθους (wsdl:fault) με όνομα "ServiceExceptionReport" και περιεχόμενο το αντίστοιχο XML μήνυμα λάθους που ορίζει η OGC υπηρεσία.

Οι παραπάνω σχεδιαστικές αρχές παρουσιάζονται ως παράδειγμα από τα σχετικά αποσπάσματα του αρχείου περιγραφής της WFS υπηρεσίας ιστού, και της λειτουργίας GetCapabilities που παρατίθενται παρακάτω:

```

<wsdl:binding name="WfsWSSoapBinding" type="tns:WfsWSPortType">
  <soap:binding style="document"
transport="http://schemas.xmlsoap.org/soap/http"/>
  <wsdl:operation name="wfs.getCapabilities">
    <soap:operation/>
    <wsdl:input>
      <soap:body use="literal"/>
    </wsdl:input>
    <wsdl:output>
      <soap:body use="literal"/>
    </wsdl:output>
    <wsdl:fault name="ServiceExceptionReport">
      <soap:fault name="ServiceExceptionReport" use="literal"/>
    </wsdl:fault>
  </wsdl:operation>

  <wsdl:operation name="wfs.getCapabilities">
    <wsdl:input message="tns:GetCapabilitiesRequest"/>
    <wsdl:output message="tns:GetCapabilitiesResponse"/>
    <wsdl:fault name="ServiceExceptionReport"
message="tns:ServiceExceptionReport"/>
  </wsdl:operation>

  <wsdl:message name="ServiceExceptionReport">
    <wsdl:part name="Body" element="ows:ExceptionReport"/>
  </wsdl:message>
  <wsdl:message name="GetCapabilitiesRequest">
    <wsdl:part name="Body" element="wfs:GetCapabilities"/>
  </wsdl:message>
  <wsdl:message name="GetCapabilitiesResponse">
    <wsdl:part name="Body" element="wfs:WFS_Capabilities"/>
  </wsdl:message>

```

Επιπροσθέτως, και πέρα από τα πρότυπα των τριών υπηρεσιών, για κάθε υπηρεσία ιστού δημιουργήθηκε και μία λειτουργία με όνομα "util.setOgcServiceUrl" που επιτρέπει

σε έναν πελάτη της υπηρεσίας να αλλάζει δυναμικά την υποκείμενη OGC υπηρεσία δηλώνοντας την ιστοθέση (URL) στο σχετικό μήνυμα εισόδου.

Στη συνέχεια με βάση το αρχείο περιγραφής μίας υπηρεσίας ιστούς και με χρήση αυτοματοποιημένης διαδικασίας του περιβάλλοντος εργασίας NetBeans παράχθηκε μία αρχική έκδοση του πηγαίου κώδικα της υπηρεσίας ιστού, σύμφωνα με την τεχνολογία JAX-WS. Η αρχική αυτή έκδοση στην ουσία υλοποιεί την διεπαφή της υπηρεσίας ιστού από την μεριά του διακομιστή. Επίσης, πάλι με παρόμοια μέθοδο παράχθηκε μία αρχική έκδοση του πηγαίου κώδικα (της διεπαφής) του πελάτη της υπηρεσίας ιστού.

Το επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη της τελικής μορφής της υπηρεσίας ιστού, με την προσθήκη του πηγαίου κώδικα που υλοποιεί αυτή καθ' αυτή την εργασία της υπηρεσίας. Το τμήμα αυτό του κώδικα είναι στην ουσία αυτό που υλοποιεί την προσέγγιση πρόσοψης (façade) που ακολουθήθηκε.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε το υπόλοιπο (πέραν της διεπαφής) τμήμα του κώδικα των πελατών, το οποίο, σε επίπεδο διεπαφής, διαβάζει μία ροή δεδομένων (data stream) εισόδου που περιέχει την ερώτηση σε XML μορφή και επιστρέφει μία άλλη ροή δεδομένων με την απάντηση, πάλι σε XML μορφή.

Έχοντας πλέον τα βασικά αυτά συστατικά (components) της υλοποίησης, υλοποιήθηκαν τα υπόλοιπα περιφερειακά συστατικά που περιγράφονται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα.

Όσον αφορά τις BPEL διεργασίες, ο σκελετός αυτών δημιουργήθηκε αρχικά από ένα σχετικό συστατικό του NetBeans που επιτρέπει τη δημιουργία διεργασιών μέσα από μία διεπαφή γραφικών. Στη συνέχεια οι διεργασίες επεκτάθηκαν με επεξεργασία τους σε επίπεδο XML μορφής, αφού διάφορα πολύπλοκα σημεία τους, όπως η χρήση XSLT μετασχηματισμών, δεν μπορούσαν να υποστηριχθούν από το προαναφερθέν συστατικό.

Τελευταίο αναπτύχθηκε το τμήμα του κώδικα των δοκιμών, το οποίο αποτελείται κατά βάση από μία κλάση για κάθε τύπο δοκιμών που περιγράφεται στην ενότητα 6.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι κάποιες μικρές τροποποιήσεις ήταν απαραίτητο να γίνουν τόσο σε κάποια XML σχήματα (τα οποία ανακτήθηκαν από τον επίσημο ιστοχώρο του OGC) όσο και σε κάποιες από τις παραγόμενες από την αυτοματοποιημένη διαδικασία κλάσεις. Οι επεμβάσεις αυτές περιγράφονται στο αρχείο 'files_ReadMe.txt' (βλ. Παράτημα Ι).

5. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

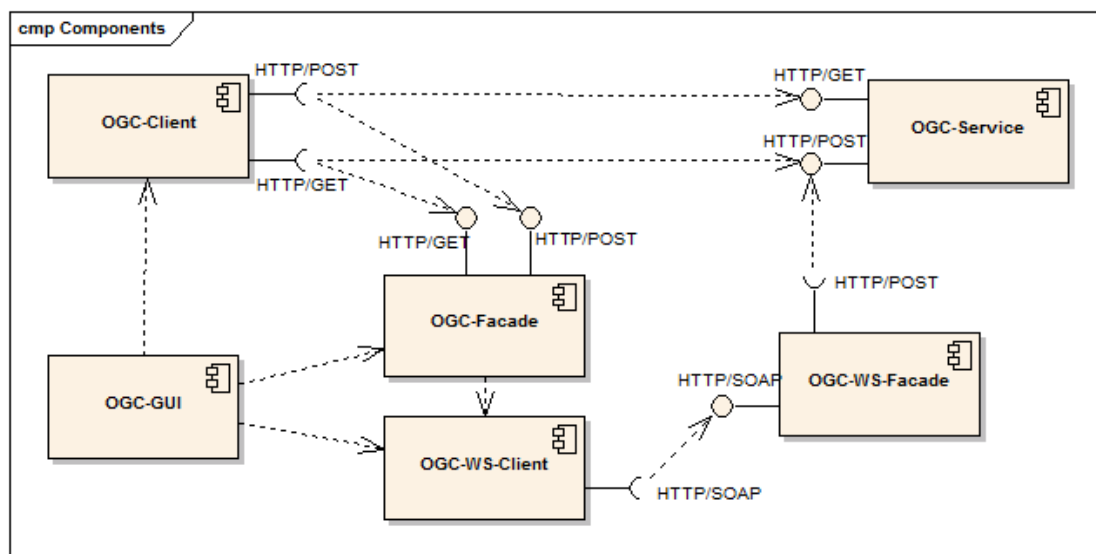
Ένας από τους κύριους στόχους της εργασίας, όπως προαναφέρθηκε, είναι η επέκταση των κλασικών OGC υπηρεσιών ώστε αυτές να παρέχονται ως υπηρεσίες ιστού.

Παράλληλα εκτός από τις υπηρεσίες ιστού χρειάστηκε να αναπτυχθούν:

- οι αντίστοιχοι πελάτες υπηρεσιών ιστού,
- ένας πελάτης για την κλήση των κλασικών OGC υπηρεσιών,
- μία διαδικτυακή εφαρμογή που μετατρέπει 'κλασικές' (HTTP GET/POST) κλήσεις OGC υπηρεσιών σε κλήσεις υπηρεσιών ιστού. Δρα δηλαδή ως 'κλασική' πρόσοψη (façade) των υπηρεσιών ιστού και
- ένα απλό GUI για την κλήση των υπηρεσιών ιστού, των OGC υπηρεσιών, αλλά και των υπηρεσιών ιστού ως OGC υπηρεσίες μέσω της εφαρμογής-πρόσοψη.

5.1 Βασικά Συστατικά (components)

Ακολουθεί μια διαγραμματική απεικόνιση (Σχήμα 1) των προαναφερθέντων συστατικών του λογισμικού και μία αναλυτικότερη παρουσίασή τους.



Σχήμα 1: Βασικά Αρχιτεκτονικά Συστατικά

OGC-Service

Αντιπροσωπεύει μία OGC υπηρεσία. Στην περίπτωση μας μπορεί να είναι η GeoServer υλοποίηση της WFS ή η deegree υλοποίηση της WPS ή μία από τις εξωτερικές SOS υπηρεσίες. Πρόκειται για διαδικτυακές εφαρμογές (web applications) παρεχόμενες μέσω του πρωτοκόλλου HTTP και ειδικότερα των εντολών POST και GET.

OGC-WS-Facade

Αντιπροσωπεύει την επέκταση σε υπηρεσία ιστού μίας OGC υπηρεσίας. Στην ουσία πρόκειται για μία πρόσοψη (facade) που δέχεται κλήσεις μέσω HTTP/SOAP, τις μετατρέπει σε HTTP/POST κλήσεις και τις προωθεί στην συσχετισμένη OGC-Service. Στη συνέχεια κάνει την αντίστροφη μετατροπή στην απάντηση που λαμβάνει από την OGC-Service. Δημιουργήθηκαν τρία τέτοια συστατικά, ένα για κάθε υπηρεσία. Το κάθε συστατικό υλοποιήθηκε ως μία διαδικτυακή εφαρμογή πακεταρισμένη σε ένα αρχείο τύπου WAR που πρέπει να εγκατασταθεί σε έναν διακομιστή εφαρμογών Java.

OGC-WS-Client

Πελάτης για μία OGC-WS-Facade υπηρεσία ιστού.

Ένας υποτυπώδης πελάτης που δημιουργεί κλήσεις προς την υπηρεσία ιστού διαβάζοντας αρχεία που περιέχουν έγκυρα OGC ερωτήματα σε XML μορφή. Δημιουργήθηκε ένα τέτοιο συστατικό το οποίο συσσωματώνει τους πελάτες και των τριών υπηρεσιών ιστού. Το συστατικό παράγεται πακεταρισμένο σε ένα αρχείο τύπου JAR που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μία Java εφαρμογή όπως το OGC-GUI.

OGC-Facade

Μία διαδικτυακή εφαρμογή-πρόσοψη που παρέχει την ίδια διεπαφή μέσω HTTP/POST με την αντίστοιχη (WFS, WPS ή SOS) OGC υπηρεσία. Δεχόμενη μία HTTP/POST κλήση, καλεί το συσχετισμένο OGC-WS-Client που με την σειρά του καλεί την αντίστοιχη υπηρεσία ιστού. Η εφαρμογή αυτή παρέχει και ένα είδος επαλήθευσης της ορθής υλοποίησης της υπηρεσίας ιστού αφού θα πρέπει, θεωρητικά, μία υπάρχουσα εφαρμογή-πελάτης μίας OGC υπηρεσίας (π.χ. μία GIS εφαρμογή που υποστηρίζει τις OGC υπηρεσίες WFS ή/και WPS) να λάβει το ίδιο αποτέλεσμα είτε καλέσει απευθείας την OGC-Service είτε μέσω της διαδρομής OGC-Facade → OGC-WS-Client → OGC-WS-Facade → OGC-Service. Δημιουργήθηκε ένα τέτοιο συστατικό το οποίο συσσωματώνει τις HTTP/POST διεπαφές και των τριών υπηρεσιών. Το συστατικό υλοποιείται ως μία διαδικτυακή εφαρμογή πακεταρισμένη σε ένα αρχείο τύπου WAR που πρέπει να εγκατασταθεί σε έναν διακομιστή εφαρμογών Java.

OGC-Client

Πελάτης για μία OGC-Service υπηρεσία.

Ένας υποτυπώδης OGC-service (WFS, WPS ή SOS) πελάτης που δημιουργεί κλήσεις προς μία OGC-Service ή προς το OGC-Facade διαβάζοντας αρχεία που περιέχουν έγκυρα OGC ερωτήματα σε XML μορφή. Δεν δημιουργείται ως αυτόνομο συστατικό. (Κατά μία έννοια υλοποιείται από ένα Java πακέτο (package) που χρησιμοποιείται από άλλα συστατικά, όπως π.χ. το OGC-WS-Facade για να προωθήσει μία κλήση στην κλασική OGC υπηρεσία.)

OGC-GUI

Απλή εφαρμογή με γραφικό περιβάλλον διεπαφής (GUI) μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ως είσοδο μία OGC κλήση, με τη μορφή XML αρχείου, και στη συνέχεια να επιλέξει την υπηρεσία στην οποία θέλει να την προωθήσει, καθώς και τον τρόπο που θέλει να την προωθήσει (ως HTTP/POST μέσω OGC-Client, HTTP/SOAP μέσω OGC-WS-Client, ή HTTP/POST μέσω OGC-Facade). Δημιουργήθηκε ένα τέτοιο

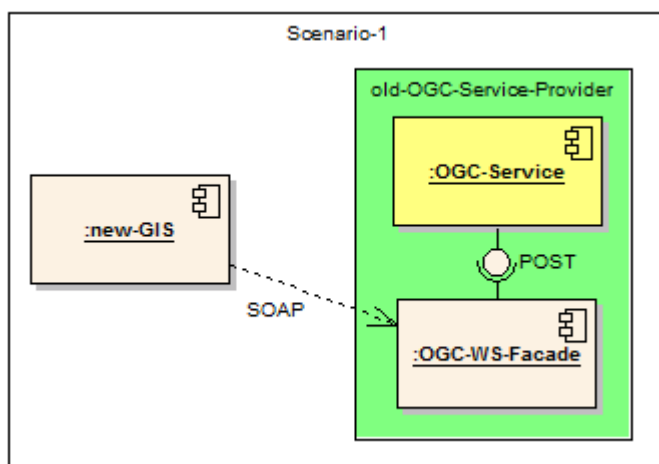
συστατικό το οποίο παράγεται πακεταρισμένο σε ένα αρχείο τύπου JAR που μπορεί να εκτελεστεί ως μία κλασική εφαρμογή με γραφικό περιβάλλον διεπαφής.

5.2 Πλεονεκτήματα προσέγγισης

Με δεδομένη μεν την αναγνώριση, από του OGC, της ευρύτατης διάθεσης της τεχνολογίας των υπηρεσιών ιστού, και την δεδηλωμένη πρόθεσή του να την συμπεριλάβει σε επόμενες εκδόσεις των προδιαγραφών του, αλλά και λόγω δε, της ήδη αρκετά μεγάλης βάσης εγκατεστημένων HTTP/POST/GET υλοποιήσεων από πολλούς δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς, θεωρείται πολύ πιθανό ότι για κάποια όχι αμελητέα χρονική περίοδο θα συνυπάρχουν και κλασικές υλοποιήσεις και υλοποιήσεις υπηρεσιών ιστού.

Σε ένα τέτοιο μεικτό δικτυακό περιβάλλον παροχής/κατανάλωσης OGC υπηρεσιών, η αρθρωτή δομή του υλοποιημένου λογισμικού επιτρέπει μία σειρά από διαφορετικά σενάρια χρήσης του, όπως φαίνεται στο διαγράμματα που ακολουθούν.

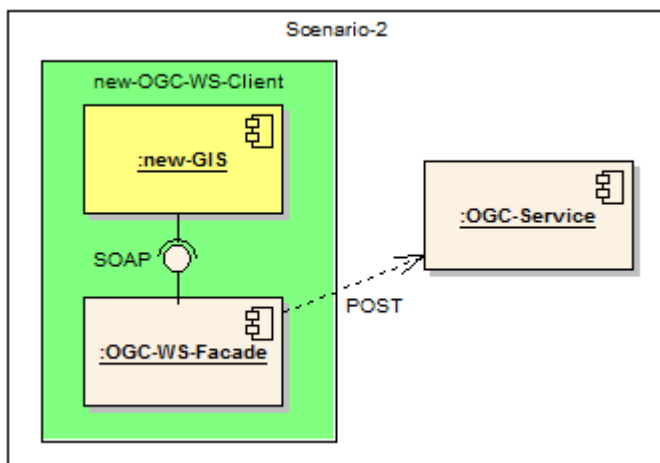
Σενάριο 1



Σχήμα 2: Σενάριο 1

Πάροχος OGC υπηρεσιών που δεν σχεδιάζει άμεσα να εγκαταστήσει υλοποίηση υπηρεσίας ιστού των υπηρεσιών του, παρά ταύτα δεν θέλει να αποκλείσει πλήθος χρηστών (και εν δυνάμει πελατών) που διαθέτουν πρόσφατες γεωχωρικές εφαρμογές οι οποίες ως πελάτες OGC υπηρεσιών (service clients) υποστηρίζουν μόνο διεπαφές υπηρεσίας ιστού. Ο πάροχος μπορεί να εγκαταστήσει το *OGC-WS-Facade*, ενδεχομένως και στον ίδιο διακομιστή εφαρμογών, και να παρέχει έτσι και διεπαφές υπηρεσίας ιστού με ελάχιστο τεχνικό κόστος (overhead) εγκατάστασης.

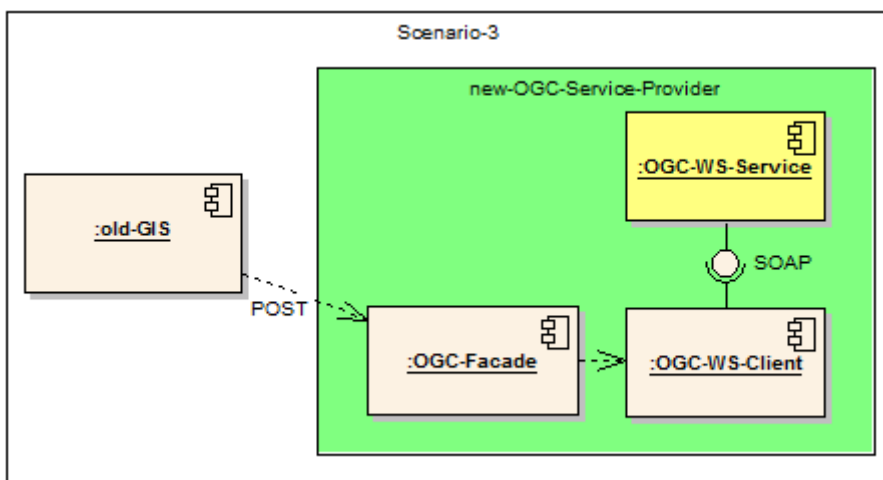
Σενάριο 2



Σχήμα 3: Σενάριο 2

Χρήστης πρόσφατης υλοποίησης GIS λογισμικού, που υποστηρίζει την πρόσβαση σε OGC υπηρεσίες μόνο μέσω διεπαφής υπηρεσίας ιστού, θέλει να αποκτήσει πρόσβαση σε πλήθος παρεχόμενων υπηρεσιών που παρέχονται όμως μέσω της ‘κλασικής’ διεπαφής. Μπορεί εγκαθιστώντας τοπικά την εφαρμογή-πρόσοψη *OGC-WS-Facade* να τη συσχετίσει με τον πάροχο που τον ενδιαφέρει και να χρησιμοποιήσει αυτή (την πρόσοψη) για την πρόσβαση.

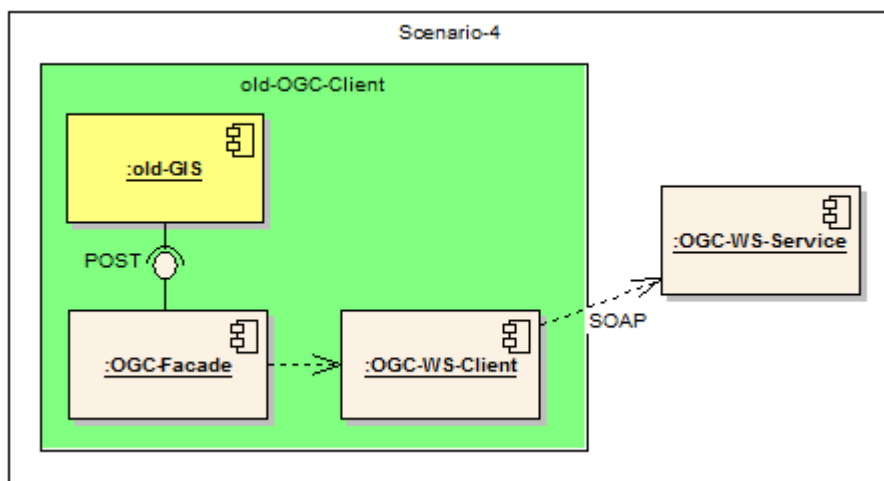
Σενάριο 3



Σχήμα 4: Σενάριο 3

Πάροχος που χρησιμοποιεί υλοποίηση με διεπαφή υπηρεσίας ιστού μόνο, αλλά δεν θέλει να αποκλίσει χρήστες που χρησιμοποιούν πελάτες (clients) με HTTP/POST διεπαφή (κάτι σαν το σενάριο 1 μόνο που αυτή τη φορά η τεχνολογική εξέλιξη βρίσκεται στην αντίπερα όχθη). Ο πάροχος αυτός μπορεί να εγκαταστήσει τον συνδυασμό *OGC-Facade* και *OGC-WS-Client* ώστε να καλύψει και αυτούς τους χρήστες.

Σενάριο 4



Σχήμα 5: Σενάριο 4

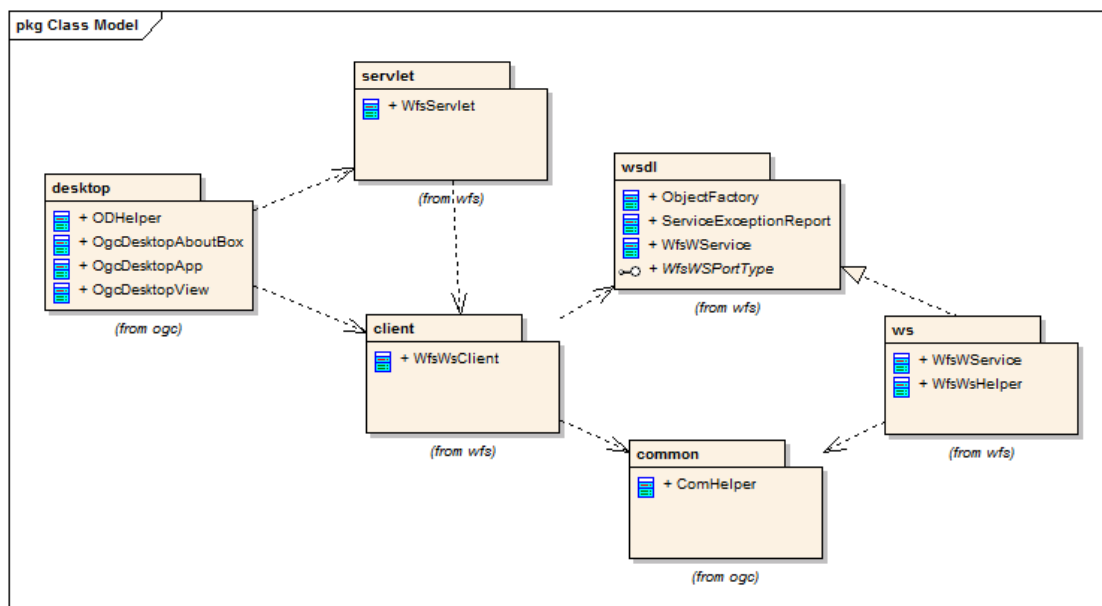
Χρήστης παλαιού GIS που υποστηρίζει πρόσβαση σε OGC υπηρεσίες μέσω HTTP/POST θέλει να αποκτήσει πρόσβαση σε πάροχο που προσφέρει μόνο την διεπαφή υπηρεσίας ιστού (κάτι σαν το σενάριο 3, μόνο που τώρα την πρωτοβουλία ‘εκσυγχρονισμού’ αναλαμβάνει ο καταναλωτής της υπηρεσίας. Με την εγκατάσταση του συνδυασμού *OGC-Facade* και *OGC-WS-Client* αυτό γίνεται εφικτό.

5.3 Σχεδιασμός

Σε γενικές γραμμές ο Java κώδικας που παράχθηκε έχει δομηθεί σε πακέτα (packages) που σε αδρές γραμμές αντιστοιχούν στα συστατικά που αποτυπώνονται στο Σχήμα 1: Βασικά Αρχιτεκτονικά Συστατικά της ενότητας 5.1 Βασικά Συστατικά (components).

Σημαντική εξαίρεση του παραπάνω κανόνα αποτελεί το πακέτο *com.s3lab.ogc.common*, το οποίο χρησιμοποιείται από τα περισσότερα άλλα πακέτα.

Στο διάγραμμα στο Σχήμα 6: Βασικά πακέτα απεικονίζονται τα βασικά πακέτα του συστήματος. Να σημειωθεί ότι τα πακέτα *com.s3lab.ogc.wfs.servlet*, *com.s3lab.ogc.wfs.client*, *com.s3lab.ogc.wfs.wsdl* και *com.s3lab.ogc.wfs.ws* αφορούν την υπηρεσία WFS, ενώ για τις άλλες δύο υπηρεσίες υπάρχουν αντίστοιχα πακέτα που επιτελούν αντίστοιχες εργασίες και δεν απεικονίζονται στο διάγραμμα.



Σχήμα 6: Βασικά πακέτα

Ακολουθεί περιγραφή των πακέτων του διαγράμματος

Πακέτο *com.s3lab.ogc.common*

Αυτό το πακέτο καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των απαιτήσεων επεξεργασίας δεδομένων, κυρίως μετατροπής XML μηνυμάτων σε κλάσεις Java και αντίστροφα. Κατά μία έννοια αυτό το πακέτο υλοποιεί και το συστατικό *OGC-Client*, αφού πραγματοποιεί τις HTTP/POST κλήσεις προς τις κλασικές OGC υπηρεσίες. Είναι ένα πακέτο που το χρησιμοποιούν κατά κόρον τα περισσότερα άλλα πακέτα.

Βασικές κλάσεις:

ComHelper

Αυτή είναι η βασική κλάση-εργάτης, που πραγματοποιεί το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας XML δεδομένων και της κλήσης μέσω HTTP των κλασικών OGC υπηρεσιών. Η κλάση αυτή χρησιμοποιείται κατά κόρον και από τις υπηρεσίες ιστού και από τους πελάτες τους.

Πακέτο *com.s3lab.ogc.wfs.wsdl*

Αυτό το πακέτο κατασκευάζεται αυτόματα από το NetBeans με βάση το WSDL της WFS υπηρεσίας ιστού. Το πακέτο δεν υλοποιεί αυτή καθαυτή την εργασία που η υπηρεσία ιστού πρέπει να επιτελέσει. Κατ' ουσίαν υλοποιεί μόνο τον μηχανισμό HTTP/SOAP κλήσης της web service και ορίζει την διεπαφή που θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν οι κλάσεις που θα την υλοποιήσουν. Είναι τμήμα του συστατικού *OGC-WS-Facade* που αντιστοιχεί στην WFS.

Βασικές κλάσεις:

WfsWSPortType

Αυτή η αυτόματα παραγόμενη κλάση ορίζει την Java διεπαφή (Java interface) που θα πρέπει να ακολουθήσει η υλοποίηση της υπηρεσίας ιστού.

Πακέτο com.s3lab.ogc.wfs.ws

Αυτό το πακέτο υλοποιεί αυτή καθαυτή την εργασία που πρέπει να επιτελέσει η υπηρεσία ιστού. Υλοποιεί την διεπαφή που ορίζεται στο πακέτο *com.s3lab.ogc.wfs.wsdl*, και προωθεί τις κλήσεις της υπηρεσίας ιστού στην συνδεδεμένη υλοποίηση της κλασικής OGC WFS υπηρεσίας και επιστρέφει τα αποτελέσματα στην μορφή που ορίζεται από την διεπαφή. Είναι τμήμα του συστατικού *OGC-WS-Facade* που αντιστοιχεί στην WFS.

Βασικές κλάσεις:

WfsWService

Αυτή είναι η βασική κλάση της υλοποίησης της WFS ως υπηρεσίας ιστού.

WfsWsHelper

Βοηθητική κλάση που προωθεί τις κλήσεις της υπηρεσίας ιστού στην υποκείμενη 'κλασική' OGC υπηρεσία και στη συνέχεια μετατρέπει τις λαμβανόμενες απαντήσεις σε Java αντικείμενα των τύπων που επιστρέφει η *WfsWService*.

Πακέτο com.s3lab.ogc.wfs.client

Αυτό το πακέτο υλοποιεί τον πελάτη της WFS υπηρεσίας ιστού. Καλή την υπηρεσία σύμφωνα με την διεπαφή που ορίζεται στο πακέτο. Είναι τμήμα του συστατικού *OGC-WS-Client* που αντιστοιχεί στην WFS.

Βασικές κλάσεις:

WfsWsClient

Ο πελάτης της WFS υπηρεσίας ιστού. Ο πελάτης δέχεται ως είσοδο ένα *java.io.InputStream* που περιέχει μία τυπική ερώτηση της υπηρεσίας WFS σε XML μορφή και επιστρέφει ως έξοδο ένα *java.io.OutputStream* που περιέχει την απάντηση σε XML μορφή.

Πακέτο com.s3lab.ogc.wfs.servlet

Αυτό το πακέτο υλοποιεί το συστατικό *OGC-Facade*.

Βασικές κλάσεις:

WfsServlet

Αυτή η κλάση είναι ένα Java servlet το οποίο δέχεται HTTP κλήσεις μίας 'κλασικής' WFS υπηρεσίας και τις προωθεί σε ένα *WfsWsClient*.

Πακέτο com.s3lab.ogc.desktop

Αυτό πακέτο υλοποιεί το συστατικό *OGC-GUI*.

Στο Σχήμα 7: Βασικές κλάσεις απεικονίζονται οι βασικές κλάσεις των πακέτων που παρουσιάστηκαν προηγουμένως. Να σημειωθεί ότι όλες οι κλάσεις πλην των *AbstractClient* και *ComHelper* αφορούν την υπηρεσία WFS, ενώ για τις άλλες δύο υπηρεσίες υπάρχουν αντίστοιχες κλάσεις που επιτελούν αντίστοιχες εργασίες και δεν απεικονίζονται στο σχήμα.



Σχήμα 7: Βασικές κλάσεις

5.4 BPEL Διεργασίες

Ως απόδειξη της ιδέας της δυνατότητας συνθετικής δημιουργίας νέων υπηρεσιών, με την μορφή εκτελέσιμων υπηρεσιοστρεφών διεργασιών, χρησιμοποιώντας τις υλοποιημένες υπηρεσίες ιστού, δημιουργήθηκαν δύο εκτελέσιμες διεργασίες.

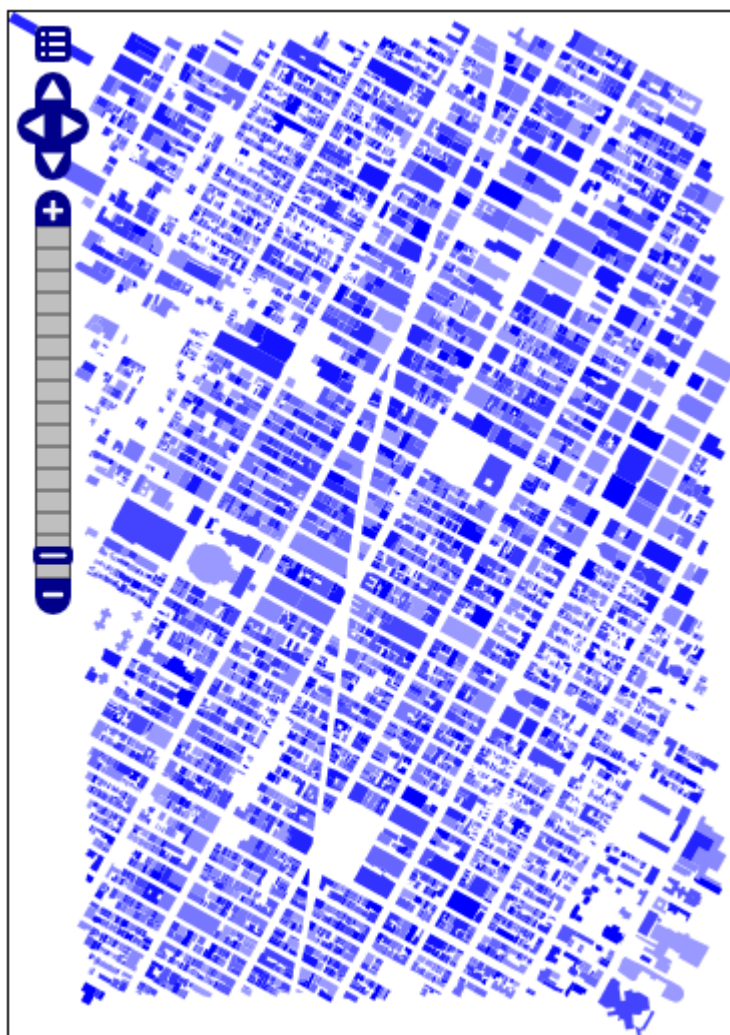
5.4.1 Διεργασία 1. Δημιουργία πλαισίου (buffer)

Η πρώτη διεργασία χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες WFS και WPS για να δημιουργήσει ένα πλαίσιο γύρω από ένα υπάρχον αντικείμενο ενός συγκεκριμένου γεωχωρικού χαρακτηριστικού. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι ένα σύνολο πολυγώνων που απεικονίζουν τα περιγράμματα κατόψεων των κτιρίων τμήματος της νήσου Μανχάταν

της Νέας Υόρκης. Το παραγόμενο πλαίσιο έχει την μορφή ενός νέου αντικείμενου αυτού του χαρακτηριστικού.

Παρακάτω περιγράφονται τα βήματα της διεργασίας. Παράλληλα, ως παράδειγμα, παρατίθενται σχήματα που παράγονται με χρήση της υπηρεσίας WMS (υπηρεσία απεικόνισης χάρτη) τα οποία αντικατοπτρίζουν τα αποτελέσματα της διεργασίας κατά την εκτέλεσή της.

- 1) Αρχικά καλείται η διεργασία ως υπηρεσία ιστού. Το XML μήνυμα που περιέχεται στην κλήση περιέχει πληροφορία για το (ή τα) αντικείμενο γύρω από το οποίο επιθυμούμε να δημιουργήσουμε ένα πλαίσιο, το πάχος του πλαισίου καθώς και το χρώμα του (στο παράδειγμα πράσινο).
- 2) Η διεργασία καλεί την WFS για να αναζητήσει το αντικείμενο (στο παράδειγμα αναζητά το αντικείμενο με τιμή 5309 στο πεδίο "cd").

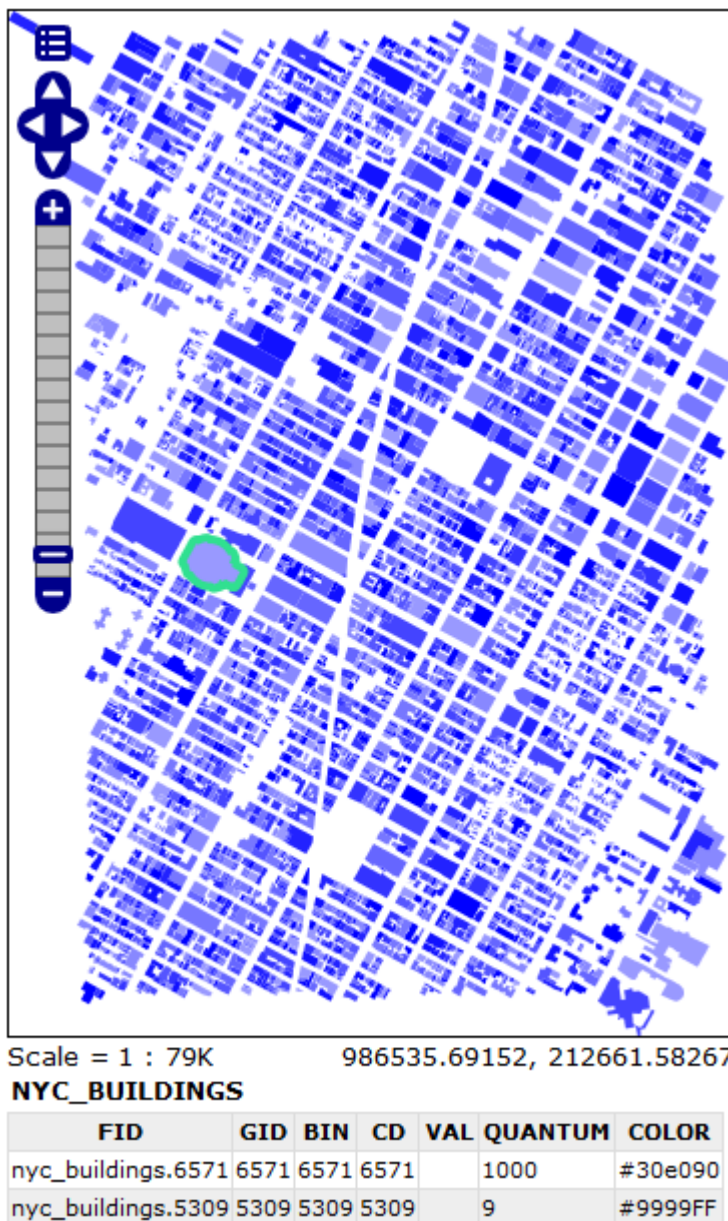


Σχήμα 8: Μανχάταν, αρχικό

Στο Σχήμα 8 απεικονίζονται τα αρχικά αντικείμενα το γεωχωρικού χαρακτηριστικού, όλα με αποχρώσεις του μπλε.

- 3) Η διεργασία εξάγει την γεωγραφική πληροφορία του αντικείμενου που επέστρεψε η WFS και μαζί με του ζητούμενο πάχος δημιουργεί μία κλήση για την WPS

- 4) Η διεργασία καλεί την WPS η οποία με τη σειρά της επιστρέφει το παραγόμενο πλαίσιο με τη μορφή πολυγώνου.
- 5) Η διεργασία δημιουργεί ένα νέο αντικείμενο του ίδιου χαρακτηριστικού. Η περιεχόμενη γεωγραφική πληροφορία του αντικειμένου είναι το πολύγωνο που επέστρεψε η WPS και το χρώμα του είναι αυτό που ζητήθηκε στο α΄ βήμα (πράσινο).
- 6) Η διεργασία δημιουργεί μία ερώτηση της λειτουργίας Transaction της WFS για να εισάγει το νέο αντικείμενο-πλαίσιο ως νέο πλέον αντικείμενο του χαρακτηριστικού.



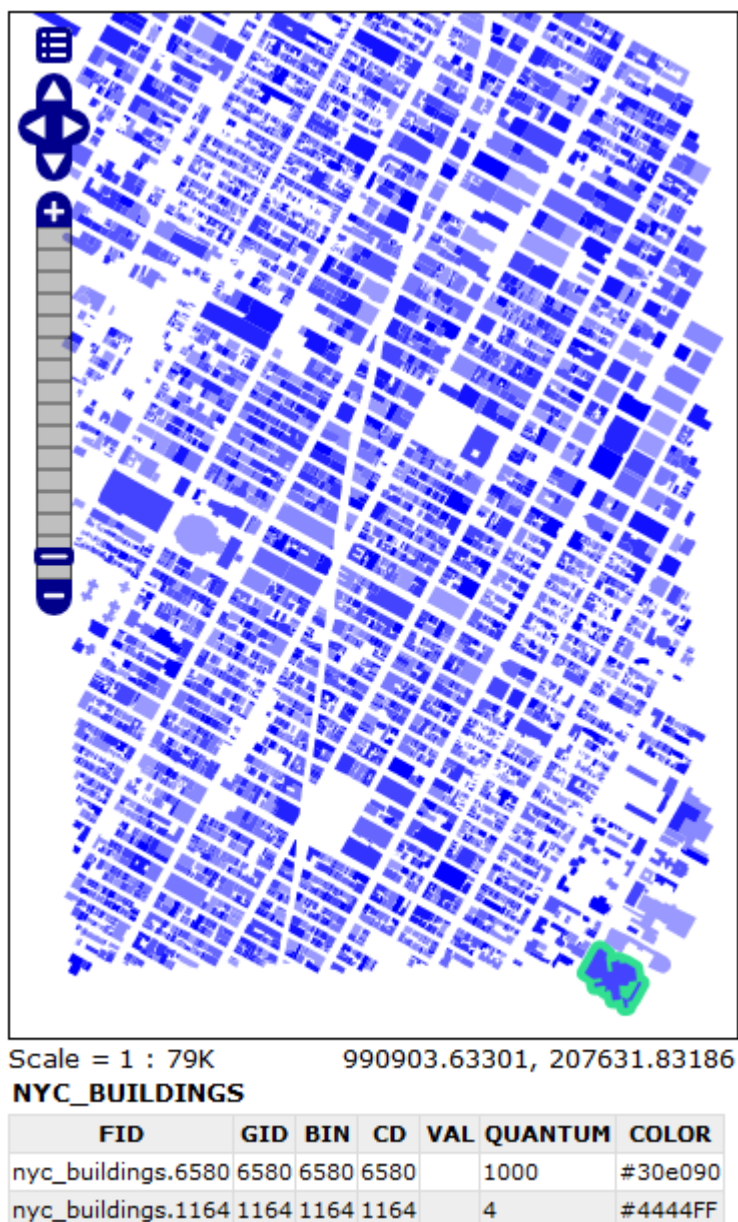
Σχήμα 9: Μανχάταν, με πλαίσιο

Στο Σχήμα 9 πλέον απεικονίζεται και το νέο αντικείμενο, το πλαίσιο, με πράσινο χρώμα.

- 7) Η διεργασία, με βάση το id (6571 στο παράδειγμα) του νέου αντικειμένου που επέστρεψε ως απάντηση η εισαγωγή, δημιουργεί μία νέα ερώτηση της λειτουργίας Transaction της WFS για να ενημερώσει δύο πεδία του νέου

αντικείμενου. Συγκεκριμένα θέτει στα πεδία “bin” και “cd” τιμή ίδια με το id (δηλ. 6571).

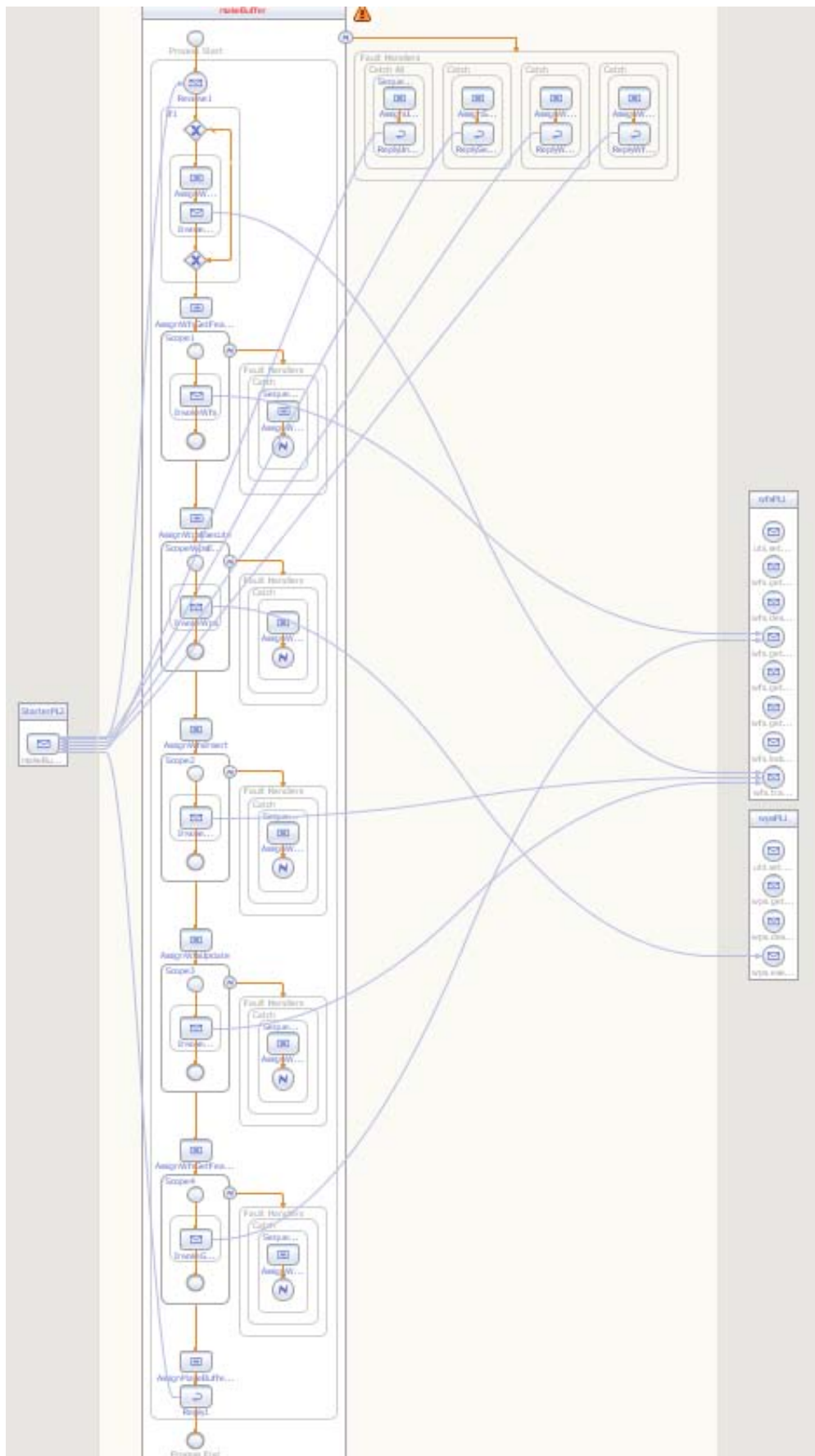
- 8) Η διεργασία, προς επιβεβαίωση της ορθής εισαγωγής και ενημέρωσης, εκτελεί μία νέα αναζήτηση στην WFS με βάση το id που επέστρεψε η εισαγωγή.
 - 9) Τέλος η διεργασία επιστρέφει το ενημερωμένο αντικείμενο-πλαίσιο που επέστρεψε η WFS.
- 1.β) Προαιρετικά υπάρχει η δυνατότητα στην κλήση της διεργασίας να ζητηθεί η αρχικοποίηση του χαρακτηριστικού (στο παράδειγμά μας ζητείται). Σε αυτή την περίπτωση, πριν το βήμα 2, η διεργασία δημιουργεί μία ερώτηση της λειτουργίας Transaction της WFS για να διαγράψει όλα τα αντικείμενα που στο πεδίο “bin” έχουν τιμή μεγαλύτερη από μία συγκεκριμένη (6528).



Σχήμα 10: Μανχάταν, με νέο πλαίσιο

Στο Σχήμα 10 απεικονίζεται νέο αντικείμενο-πλαίσιο γύρω από το αντικείμενο με τιμή 1164 στο πεδίο “cd”, που δημιουργήθηκε μετά από νέα εκτέλεση της διεργασίας. Το παλιό πλαίσιο έχει διαγραφεί.

Στο Σχήμα 11 απεικονίζονται γραφικά τα βήματα της διεργασίας, όπως τα παρουσιάζει σχετικό εργαλείο του περιβάλλοντος ανάπτυξης NetBeans



Σχήμα 11: Διεργασία 1, BPEL

Το έργο που εκτελεί η διεργασία δεν θα μπορούσε να επιτελεστεί από μία WFS υπηρεσία, ενώ για να επιτελεστεί από μία WPS υπηρεσία θα έπρεπε μία τέτοια εξειδικευμένη WPS διεργασία να αναπτυχθεί, σε επίπεδο προγραμματιστικού κώδικα, εξ αρχής και μόνο για αυτόν ακριβώς τον σκοπό.

Δηλαδή με χρήση γενικών μηχανισμών, όπως της BPEL και XML μετασχηματισμών (XSLT), μπορούν να παραχθούν νέες υπηρεσίες που επεκτείνουν τις υπάρχουσες OGC υπηρεσίες χωρίς να χρειάζεται ανάπτυξη κώδικα.

Η διεργασία εμπεριέχει διαχείριση σφαλμάτων (error handling) και επιστρέφει σε περίπτωση λάθους αντίστοιχο μήνυμα.

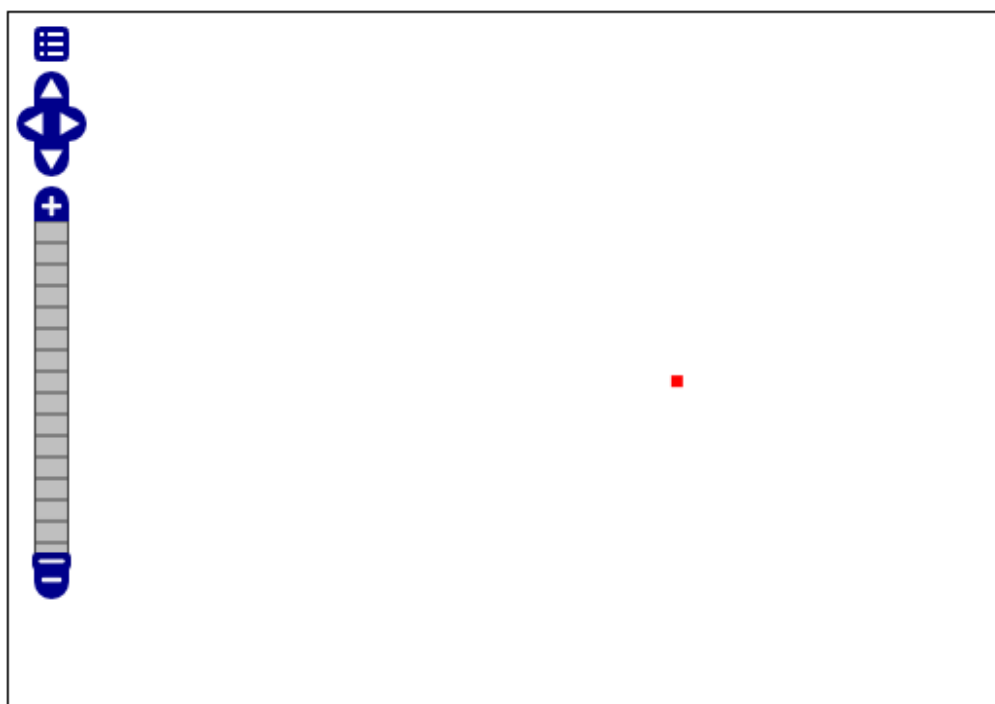
Ως άμεση επέκταση θα μπορούσε να κάνει χρήση δύο εναλλακτικών παρόχων WFS και WPS ώστε σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας του ενός να καλείται ο άλλος.

5.4.2 Διεργασία 2. Απεικόνιση θέσεων αισθητήρων

Η δεύτερη διεργασία χρησιμοποιεί την υπηρεσία SOS για να βρει, μεταξύ άλλων πληροφοριών, τις θέσεις ενός συνόλου αισθητήρων που μετρούν ένα συγκεκριμένο μετρήσιμο μέγεθος. Χρησιμοποιεί στη συνέχεια την υπηρεσία WFS για να καταχωρίσει τις θέσεις, καθώς και άλλες πληροφορίες, των αισθητήρων ως αντικείμενα ενός γεωχωρικού χαρακτηριστικού, του οποίου η γεωχωρική πληροφορία αποτελείται από ένα σύνολο σημείων.

Παρακάτω περιγράφονται τα βήματα της διεργασίας. Παράλληλα, ως παράδειγμα, παρατίθενται σχήματα που παράγονται με χρήση της υπηρεσίας WMS (υπηρεσία απεικόνισης χάρτη) τα οποία αντικατοπτρίζουν τα αποτελέσματα της διεργασίας κατά την εκτέλεσή της.

- 1)** Αρχικά καλείται η διεργασία ως υπηρεσία ιστού. Το XML μήνυμα που περιέχεται στην κλήση περιέχει πληροφορία για τους αισθητήρες των οποίων τις θέσεις ζητούμε. Στην ουσία το μήνυμα περιέχει μία ερώτηση της λειτουργίας GetObservation της SOS.
- 2)** Η διεργασία εξάγει την GetObservation ερώτηση και καλεί την SOS για να αναζητήσει τις ζητούμενες παρατηρήσεις. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ζητάμε τις παρατηρήσεις για το ύψος νερού από τέσσερις αισθητήρες και για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (μεταξύ 22:00 και 22:30 της 23-5-2012).
- 3)** Στην απάντηση που λαμβάνεται από την SOS, εκτός από τις ίδιες τις τιμές των παρατηρήσεων υπάρχει και γεωχωρική πληροφορία για τα σημεία δειγματοληψίας, δηλαδή για τις θέσεις των αισθητήρων. Η διεργασία αποσπά αυτή την γεωχωρική πληροφορία καθώς και άλλες, όπως το όνομα του αισθητήρα και το μετρούμενο μέγεθος, και κατασκευάζει μία ερώτηση Transaction της WFS για να εισάγει αυτές τις πληροφορίες ως αντικείμενο ενός γεωχωρικού χαρακτηριστικού που περιγράφει τους αισθητήρες.



Scale = 1 : 16M

53.59375, 9.99219

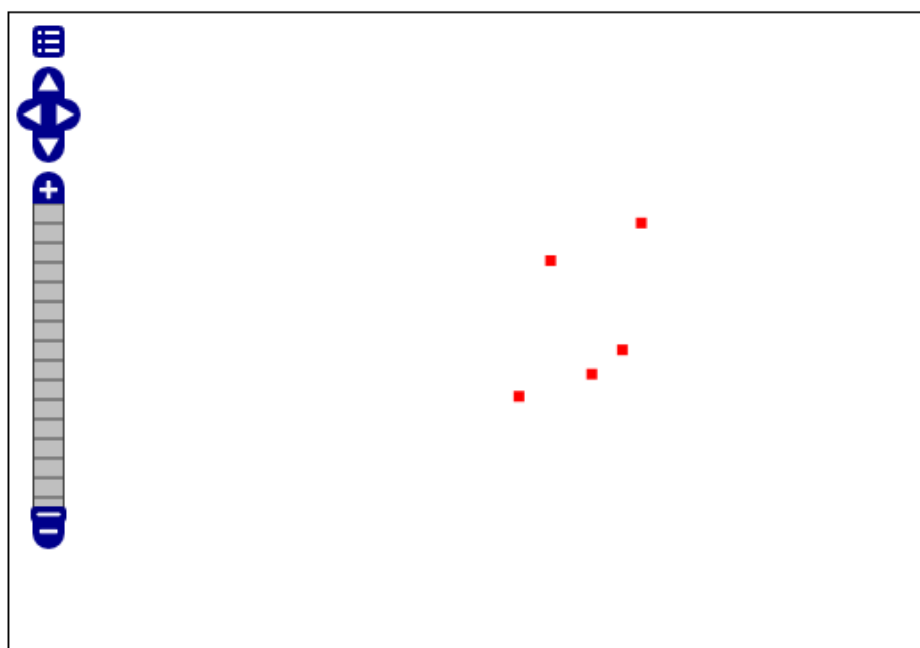
PEGELONLINESOSDATA

FID	GID	PROCEDURE	OBSERVEDPROPERTY	SAMPLINGPOINTNAME
pegelonlinesosdata.29	29	Wasserstand-Over_5950010	Wasserstand	Over - Kilometer: 605

Σχήμα 12: Αισθητήρες, αρχικό

Στο Σχήμα 12 απεικονίζονται τα αρχικά αντικείμενα το γεωχωρικού χαρακτηριστικού. Υπάρχει μόνο ένα σημείο που δίνει την θέση του ενός και μοναδικού καταχωρημένου αισθητήρα

- 4) Η διεργασία καλεί την WFS με την κατασκευασμένη ερώτηση του προηγούμενου βήματος, εισάγοντας έτσι τις πληροφορίες των αισθητήρων.



Scale = 1 : 16M

53.94531, 12.80469

PEGELONLINESOSDATA

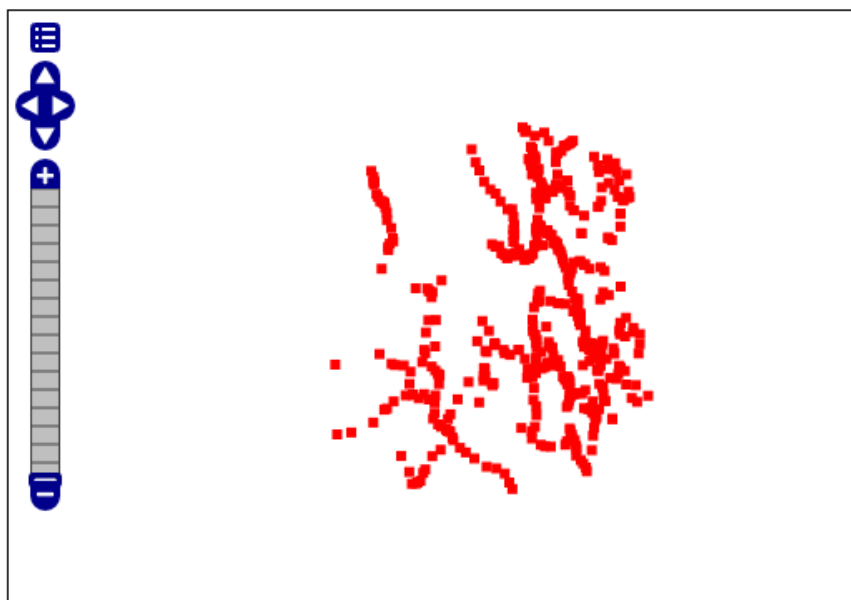
FID	GID	PROCEDURE	OBSERVEDPROPERTY	SAMPLINGPOINTNAME
pegelonlinesosdata.1049	1049	Wasserstand-Aalbude_9660009	Wasserstand	Aalbude - Kilometer: 14

Σχήμα 13: Αισθητήρες, εισαγωγή 4 νέων

Στο Σχήμα 13 απεικονίζονται τα αντικείμενα το γεωχωρικού χαρακτηριστικού μετά την εκτέλεση της WFS Transaction. Βλέπουμε ότι πλέον υπάρχουν πέντε σημεία που δίνουν τις θέσεις του ενός αρχικά καταχωρημένου αισθητήρα και των τεσσάρων που εισήγαγε η διεργασία.

- 5) Η διεργασία, προς επιβεβαίωση της ορθής εισαγωγής, εκτελεί μία νέα αναζήτηση στην WFS με βάση το παρατηρούμενο μέγεθος.
- 6) Τέλος η διεργασία επιστρέφει τα γεωχωρικά χαρακτηριστικά που επέστρεψε η WFS.

Ως συνέχεια του παραδείγματος, για να ελέγξουμε την συμπεριφορά της διεργασίας και με κάπως μεγαλύτερο όγκο δεδομένων, εκτελούμε και πάλι την διεργασία, αυτή την φορά ζητώντας τις παρατηρήσεις ύψους νερού για το ίδιο χρονικό διάστημα αλλά για όλους τους 528 αισθητήρες που περιέχει η συγκεκριμένη απομακρυσμένη υπηρεσία. Τα σημεία-συντεταγμένες όλων αυτών των αισθητήρων μετά την εκτέλεση της διεργασίας απεικονίζονται στο Σχήμα 14.



Scale = 1 : 16M

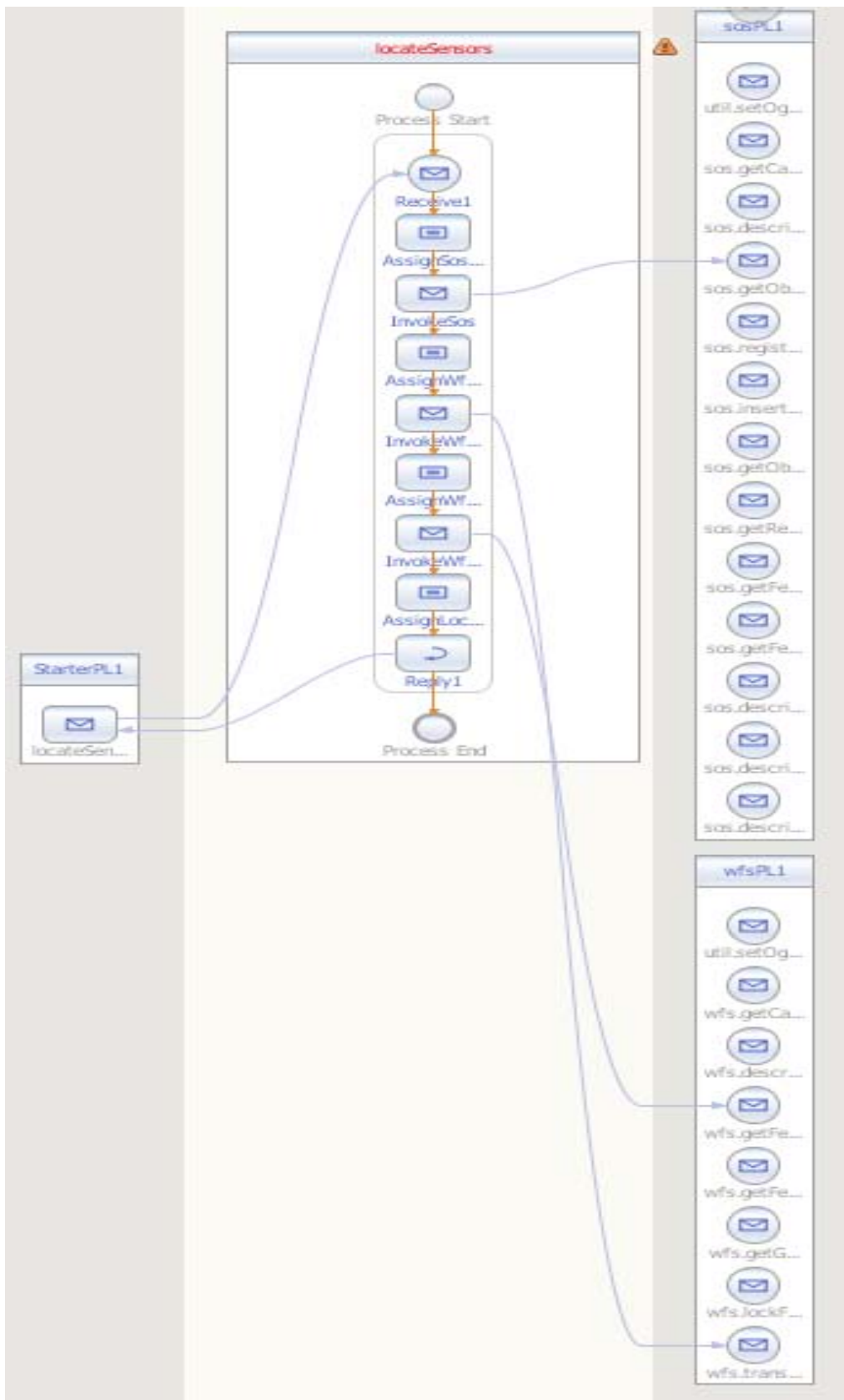
48.90625, 11.90625

PEGELONLINESOSDATA

FID	GID	PROCEDURE	OBSERVEDPROPERTY	SAMPLINGPOINTNAME
pegelonlinesosdata.1069	1069	Wasserstand-Kelheimwinzer_10054500	Wasserstand	Kelheimwinzer - Kilometer: 2409
pegelonlinesosdata.1122	1122	Wasserstand-Oberndorf_10056302	Wasserstand	Oberndorf - Kilometer: 2397
pegelonlinesosdata.1570	1570	Wasserstand-Kelheim_Donau_10053009	Wasserstand	Kelheim Donau - Kilometer: 2414

Σχήμα 14: Αισθητήρες, εισαγωγή 528 νέων

Στο Σχήμα 15 απεικονίζονται γραφικά τα βήματα της διεργασίας, όπως τα παρουσιάζει το σχετικό εργαλείο του περιβάλλοντος ανάπτυξης NetBeans.



Σχήμα 15: Διεργασία 2, BPEL

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Για να εκτιμηθεί η ορθότητα και η αποδοτικότητα της υλοποίησης διενεργήθηκε πλήθος σχετικών δοκιμών.

Ως πλατφόρμα ελέγχου χρησιμοποιήθηκε η τριάδα των υλοποιημένων υπηρεσιών ιστού εγκατεστημένη σε τοπικούς διακομιστές εφαρμογών. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι υλοποιημένοι αντίστοιχοι πελάτες των υπηρεσιών ιστού.

Οι υποκείμενες OGC υπηρεσίες ήταν:

- μία WFS υπηρεσία εγκατεστημένη σε τοπικό διακομιστή εφαρμογών (υλοποίηση: GeoServer),
- μία WPS υπηρεσία εγκατεστημένη σε τοπικό διακομιστή εφαρμογών (υλοποίηση: deegree 3),
- μία απομακρυσμένη δημόσια διαθέσιμη WFS υπηρεσία (προσβάσιμη από την ιστοθέση <http://demo.deegree.org:80/deegree-wfs/services>),
- μία απομακρυσμένη δημόσια διαθέσιμη WPS υπηρεσία (προσβάσιμη από την ιστοθέση <http://deegree3-demo.deegree.org:80/wps-workspace/services>) και
- μία απομακρυσμένη δημόσια διαθέσιμη SOS υπηρεσία (προσβάσιμη από την ιστοθέση <http://sensorweb.demo.52north.org:80/PegelOnlineSOSv2.1/sos>).

Έγιναν κλήσεις στο σύνολο των υλοποιημένων λειτουργιών. Οι ίδιες κλήσεις εστάλησαν και μέσω ενός POST πελάτη (client) και μέσω ενός SOAP πελάτη υπηρεσίας ιστού. Η διαδικασία επαναλήφθηκε 50 φορές (με μία εξαίρεση) για κάθε τύπο δοκιμής ώστε να ελαττωθεί η επίδραση αστάθμητων παραγόντων.

Όσον αφορά την ορθότητα της υλοποίησης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι απαντήσεις που έδωσε η υπηρεσία ιστού ήταν ορθά σε όλες τις περιπτώσεις. Οι διαφορές στο μέγεθος των λαμβανομένων απαντήσεων, έναντι των απαντήσεων της OGC υπηρεσίας, οφείλονται αποκλειστικά στην μορφοποίηση του XML μηνύματος π.χ. λευκοί χαρακτήρες (whitespaces), αναφορές σε χώρους ονομάτων (namespaces) κλπ.

Για τον έλεγχο της αποδοτικότητας, όπου αυτό ήταν δυνατό, δοκιμάστηκαν κλήσεις που είτε επέστρεφαν μεγάλο όγκο δεδομένων είτε είχαν μεγάλο όγκο οι ίδιες.

Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμές γενικά έδειξαν ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος των ερωτήσεων/απαντήσεων. Αυτή η επιβάρυνση τείνει στη μονάδα για μεγάλες ερωτήσεις/απαντήσεις. Αυτή η καλή συμπεριφορά έναντι της κλιμάκωσης του μεγέθους ήταν μάλλον αναμενόμενη, αφού οι βασικές τεχνολογίες JAX-WS και JAXB που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση των υπηρεσιών ιστού είναι ώριμες τεχνολογίες.

Επίσης ως προς την αποδοτικότητα παρατηρήθηκε γενικά ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού είναι μικρότερη στις περιπτώσεις χρήσης απομακρυσμένων OGC υπηρεσιών (έναντι των τοπικά εγκατεστημένων). Αυτό κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στο ότι στην περίπτωση της απομακρυσμένης υπηρεσίας παίζει σημαντικό ρόλο και το κόστος μεταφοράς του δικτύου.

Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή του τρόπου παρουσίασης των αποτελεσμάτων των δοκιμών.

6.1 Δοκιμές

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των δοκιμών περιέχονται στα παραδοτέα που αναφέρονται στο Παράρτημα Ι.

Πέρα από τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων, τα συνοπτικά αποτελέσματα της κάθε δοκιμής παρουσιάζονται σε σχετικό πίνακα οι στήλες του οποίου παρέχουν τις εξής πληροφορίες, κατά σειρά:

- (1) α/α μηνύματος,
- (2) Όνομα αρχείου μηνύματος,
- (3) Μέγεθος μηνύματος απάντησης του POST πελάτη (σε KByte),
- (4) Μέσος χρόνος επεξεργασίας του POST πελάτη (σε sec),
- (5) Μέσος χρόνος απόκρισης της OGC υπηρεσίας στον POST πελάτη,
- (6) Μέγεθος μηνύματος απάντησης του SOAP πελάτη (σε KByte),
- (7) Μέσος χρόνος επεξεργασίας του SOAP πελάτη (σε sec),
- (8) Μέσος χρόνος απόκρισης της υπηρεσίας ιστού στον SOAP πελάτη (σε sec),
- (9) Μέγεθος μηνύματος απάντησης της OGC υπηρεσίας στην υπηρεσία ιστού (σε KByte),
- (10) Μέσος χρόνος επεξεργασίας της υπηρεσίας ιστού (σε sec),
- (11) Μέσος χρόνος απόκρισης της OGC υπηρεσίας στην υπηρεσία ιστού (σε sec),
- (12) Λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας του SOAP πελάτη προς τον μέσο χρόνο επεξεργασίας του POST πελάτη,
- (13) Λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας της υπηρεσίας ιστού προς τον μέσο χρόνο απόκρισης της OGC υπηρεσίας στην υπηρεσία ιστού.

Επίσης τα αποτελέσματα αναλύονται γραφικά και σε τρία διαγράμματα:

Στο πρώτο διάγραμμα απεικονίζεται, ανά μήνυμα, ο μέσος χρόνος (σε sec) επεξεργασίας για τους δύο πελάτες (POST και SOAP).

Στο δεύτερο διάγραμμα απεικονίζεται, ανά μήνυμα, ο μέσος χρόνος (σε sec) επεξεργασίας της υπηρεσίας ιστού και ο μέσος χρόνος (σε sec) απόκρισης της OGC υπηρεσίας στην υπηρεσία ιστού.

Στο τρίτο διάγραμμα απεικονίζεται ο λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας του SOAP πελάτη προς τον μέσο χρόνο επεξεργασίας του POST πελάτη καθώς και ο λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας της υπηρεσίας ιστού προς τον μέσο χρόνο απόκρισης της OGC υπηρεσίας στην υπηρεσία ιστού. Δηλαδή το συνολικό κόστος επιβάρυνσης (overhead) της χρήσης των υλοποιημένων υπηρεσιών ιστού έναντι της χρήσης κλασικών OGC υπηρεσιών, όπως αυτό γίνεται αντιληπτό στον πελάτη και στον διακομιστή αντίστοιχα.

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι διενεργηθείσες δοκιμές.

6.1.1 Δοκιμές WFS (τοπική OGC υπηρεσία)

Η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 7 WFS μηνυμάτων/ερωτήσεων.

Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού δίνεται από ένα παράγοντα της τάξης του 3 περίπου για τον πελάτη και του 2 περίπου για τον διακομιστή.

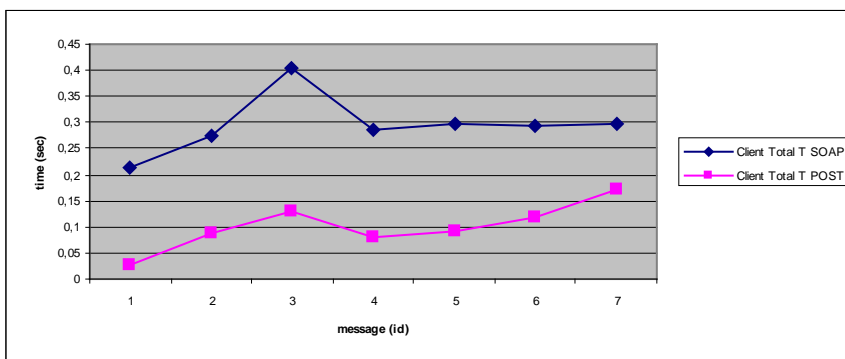
Παρατηρούμε ότι η επιβάρυνση για το μήνυμα wfs_GetCapabilities.xml, που αντιστοιχούν σε κλήση της εντολής GetCapabilities, είναι πολύ μεγαλύτερη, της τάξης του 8 για τον πελάτη και του 9 για τον διακομιστή. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από την υπόθεση ότι πιθανώς η υλοποίηση της υπηρεσίας έχει με κάποιο τρόπο πιο άμεσα διαθέσιμη την απάντηση της συγκεκριμένης εντολής, αφού αυτή είναι πάντα η ίδια (λογικά αλλάζει μόνο όταν αλλάζει η συνολική διαμόρφωση της υπηρεσίας, π.χ. προσθήκη νέων χαρακτηριστικών ή υποστήριξη επιπλέον εντολών).

Επίσης παρατηρούμε ότι η επιβάρυνση για το μήνυμα wfs_DescribeFeature.xml, που αντιστοιχεί σε κλήση της εντολής DescribeFeature, είναι της τάξης του 12 για τον διακομιστή, αλλά μόνο τάξης του 3 για τον πελάτη. Φαίνεται ως αν η OGC υπηρεσία να απαντά αρκετά πιο σύντομα στην υπηρεσία ιστού από ότι στον POST πελάτη, αλλά μόνο για το συγκεκριμένο μήνυμα (;!).

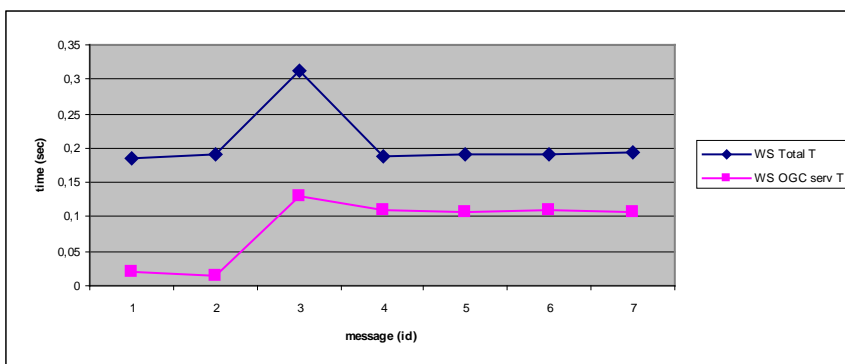
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

Πίνακας 7: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WFS

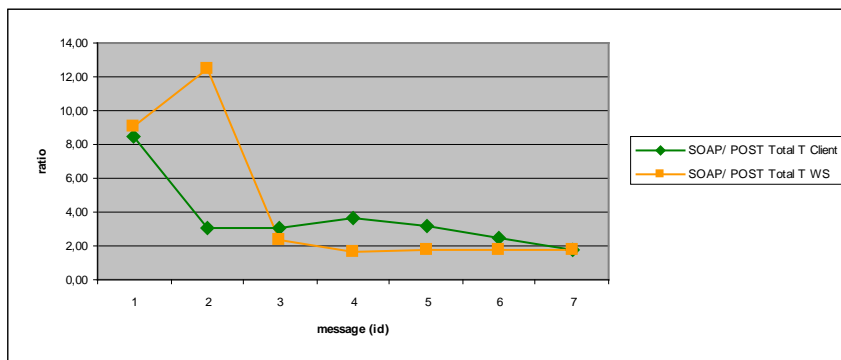
Iterations Count: 50		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12) =(7)/(4)	(13) =(10)/(11)
1	wfs_GetCapabilities.xml	29,64	0,025	0,017	40,39	0,215	0,202	29,64	0,186	0,020	8,47	9,09
2	wfs_DescribeFeature.xml	1,76	0,088	0,083	1,76	0,273	0,265	1,76	0,192	0,015	3,08	12,47
3	wfs_GetFeature.xml	27,57	0,131	0,123	42,69	0,406	0,390	27,57	0,313	0,130	3,11	2,40
4	wfs_GetFeature_withFilter.xml	2,40	0,078	0,075	3,01	0,287	0,278	2,40	0,187	0,111	3,66	1,68
5	wfs_Insert.xml	1,12	0,093	0,089	1,18	0,296	0,286	1,12	0,190	0,106	3,18	1,80
6	wfs_Update.xml	1,08	0,118	0,115	1,15	0,292	0,281	1,08	0,192	0,109	2,47	1,76
7	wfs_Delete.xml	1,08	0,171	0,166	1,15	0,298	0,288	1,08	0,193	0,106	1,74	1,82



Σχήμα 16: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WFS



Σχήμα 17: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WFS



Σχήμα 18: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WFS

6.1.2 Δοκιμές WFS (τοπική OGC υπηρεσία – έλεγχος απόδοσης)

Για την καλύτερη εκτίμηση της αποδοτικότητας της υλοποίησης και του πώς αυτή επηρεάζεται από το μέγεθος των απαντήσεων έγιναν δοκιμές με ερωτήσεις που επέστρεφαν απαντήσεις διαφορετικού μεγέθους. Δημιουργήθηκαν δύο ομάδες ερωτήσεων της εντολής GetFeature πάνω σε ισάριθμα χαρακτηριστικά (features) της τοπικής WFS υπηρεσίας.

Συνολικά η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 12 WFS μηνυμάτων/ερωτήσεων.

Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος της απάντησης.

Για την πρώτη ομάδα η επιβάρυνση ξεκινά από έναν παράγοντα 2,8 περίπου και τείνει προς ένα παράγοντα 1,3 για τον πελάτη, ενώ για τον διακομιστή τα αντίστοιχα μεγέθη είναι 1,4 και 1,1. Για την δεύτερη ομάδα η επιβάρυνση ξεκινά από έναν παράγοντα 2,3 περίπου και τείνει προς ένα παράγοντα 1,9 για τον πελάτη, ενώ για τον διακομιστή τα αντίστοιχα μεγέθη είναι 1,5 και 1,3.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

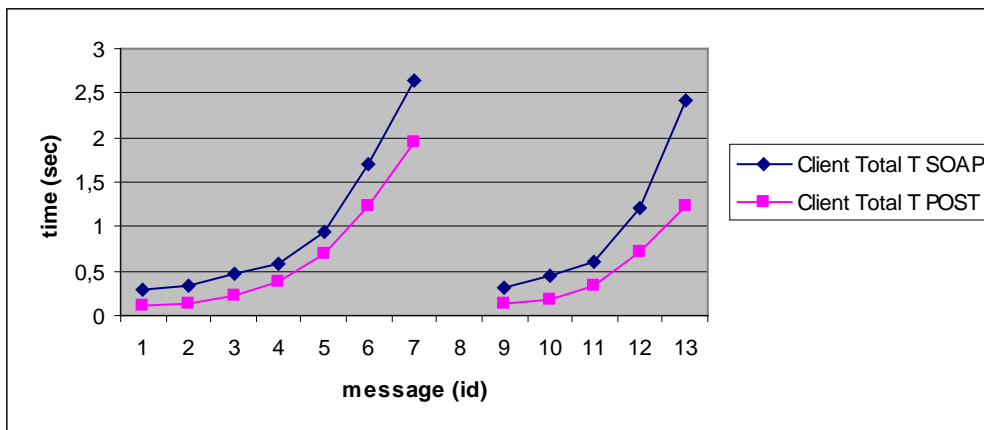
Ο Πίνακας 8 παρέχει τα συνοπτικά αποτελέσματα της δοκιμής. Οι στήλες του πίνακα, (οι επιπλέον αυτών που περιγράφονται στην ενότητα 6.1) παρέχουν τις εξής πληροφορίες, κατά σειρά:

- (0) α/α ομάδας μηνυμάτων,
- (14) Λόγος μεγέθους μηνύματος απάντησης προς το ελάχιστο μέγεθος μηνύματος απάντησης της ομάδας, για τον POST πελάτη,
- (15) Λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας του μηνύματος προς τον μέσο χρόνο επεξεργασίας του ελάχιστου μηνύματος της ομάδας, για τον POST πελάτη,
- (16) Λόγος μέσου χρόνου απόκρισης της OGC υπηρεσίας για το μήνυμα προς τον μέσο χρόνο απόκρισης της OGC υπηρεσίας για το ελάχιστο μήνυμα της ομάδας, προς τον POST πελάτη,
- (17) Λόγος μεγέθους μηνύματος απάντησης προς το ελάχιστο μέγεθος μηνύματος απάντησης της ομάδας, για τον SOAP πελάτη,
- (18) Λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας του μηνύματος προς τον μέσο χρόνο επεξεργασίας του ελάχιστου μηνύματος της ομάδας, για τον SOAP πελάτη,
- (19) Λόγος μέσου χρόνου απόκρισης της υπηρεσίας ιστού για το μήνυμα προς τον μέσο χρόνο απόκρισης της υπηρεσίας ιστού για το ελάχιστο μήνυμα της ομάδας, προς τον SOAP πελάτη,
- (20) Λόγος μεγέθους μηνύματος απάντησης προς το ελάχιστο μέγεθος μηνύματος απάντησης της ομάδας, της OGC υπηρεσίας στην υπηρεσία ιστού,
- (21) Λόγος μέσου χρόνου επεξεργασίας του μηνύματος προς τον μέσο χρόνο επεξεργασίας του ελάχιστου μηνύματος της ομάδας, για την υπηρεσία ιστού,
- (22) Λόγος μέσου χρόνου απόκρισης της OGC υπηρεσίας για το μήνυμα προς τον μέσο χρόνο απόκρισης της OGC υπηρεσίας για το ελάχιστο μήνυμα της ομάδας, προς την υπηρεσία ιστού.

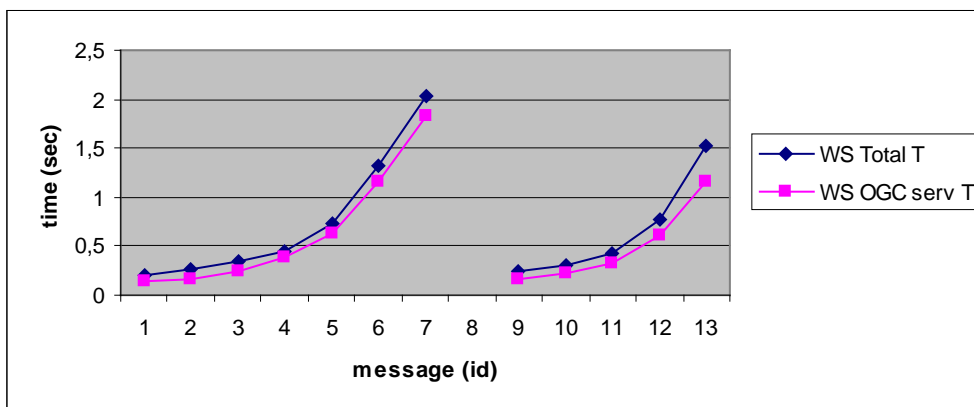
Πίνακας 8: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WFS - αποδοτικότητα

Iterations Count: 50			POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
DS	Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12) =(7)/(4)	(13) =(10)/(11)
1	1	wfs_GetFeature_nyc_100.xml	65,8	0,104	0,098	104,0	0,292	0,273	65,8	0,198	0,140	2,82	1,41
1	2	wfs_GetFeature_nyc_200.xml	130,7	0,145	0,139	207,1	0,338	0,327	130,7	0,269	0,169	2,33	1,59
1	3	wfs_GetFeature_nyc_500.xml	333,7	0,224	0,208	524,8	0,472	0,443	333,7	0,340	0,244	2,11	1,39
1	4	wfs_GetFeature_nyc_1000.xml	672,3	0,376	0,346	1.054,8	0,588	0,537	672,3	0,452	0,378	1,57	1,19
1	5	wfs_GetFeature_nyc_2000.xml	1.342,3	0,699	0,643	2.107,1	0,949	0,853	1.342,3	0,741	0,631	1,36	1,17
1	6	wfs_GetFeature_nyc_4000.xml	2.697,0	1,227	1,117	4.226,8	1,710	1,516	2.697,0	1,324	1,150	1,39	1,15
1	7	wfs_GetFeature_nyc.xml	4.390,3	1,956	1,777	6.886,5	2,638	2,337	4.390,3	2,030	1,821	1,35	1,11
2	1	wfs_GetFeature_mun_50.xml	337,0	0,139	0,131	356,9	0,324	0,301	337,0	0,235	0,162	2,33	1,45
2	2	wfs_GetFeature_mun_100.xml	747,9	0,171	0,154	788,6	0,452	0,415	747,9	0,312	0,214	2,65	1,45
2	3	wfs_GetFeature_mun_200.xml	1.487,8	0,327	0,295	1.569,6	0,600	0,524	1.487,8	0,429	0,321	1,83	1,34
2	4	wfs_GetFeature_mun_500.xml	3.938,0	0,708	0,623	4.144,0	1,201	1,005	3.938,0	0,780	0,616	1,70	1,27
2	5	wfs_GetFeature_mun.xml	7.822,3	1,234	1,073	8.250,8	2,407	1,991	7.822,3	1,525	1,166	1,95	1,31

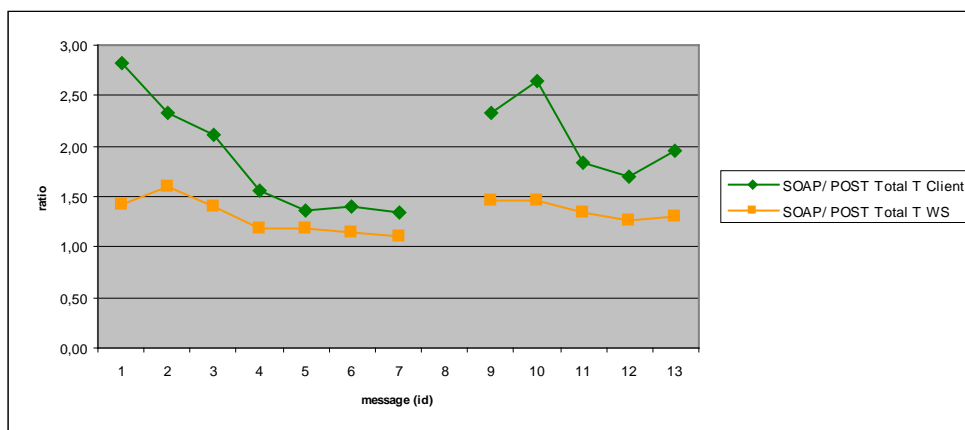
D	S	M	POST Client Ratios			SOAP Client Ratios			WS Ratios		
			Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T
(0)	(1)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	
1	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
1	2	1,99	1,40	1,42	1,99	1,15	1,20	1,99	1,36	1,20	
1	3	5,07	2,17	2,13	5,05	1,62	1,62	5,07	1,71	1,74	
1	4	10,22	3,63	3,54	10,14	2,01	1,97	10,22	2,28	2,70	
1	5	20,40	6,75	6,59	20,26	3,24	3,12	20,40	3,74	4,50	
1	6	41,00	11,85	11,44	40,65	5,85	5,55	41,00	6,68	8,20	
1	7	66,74	18,90	18,21	66,22	9,02	8,55	66,74	10,24	13,00	
2	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
2	2	2,22	1,23	1,18	2,21	1,40	1,38	2,22	1,33	1,33	
2	3	4,41	2,35	2,25	4,40	1,85	1,74	4,41	1,83	1,99	
2	4	11,68	5,10	4,76	11,61	3,71	3,34	11,68	3,32	3,81	
2	5	23,21	8,89	8,21	23,12	7,44	6,61	23,21	6,49	7,22	



Σχήμα 19: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WFS - αποδοτικότητα



Σχήμα 20: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WFS - αποδοτικότητα



Σχήμα 21: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WFS - αποδοτικότητα

6.1.3 Δοκιμές WFS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία)

Η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 7 WFS μηνυμάτων/ερωτήσεων.

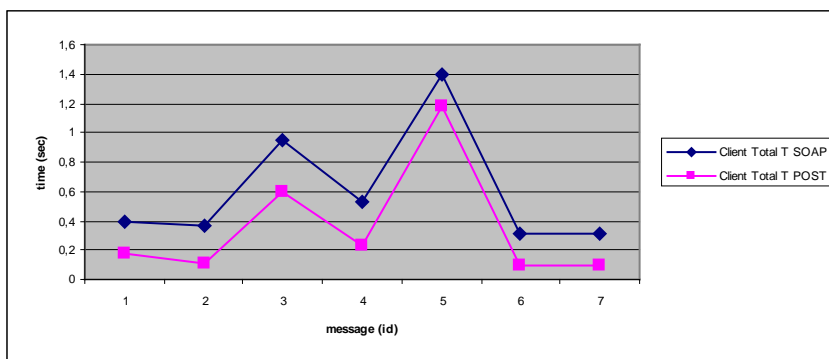
Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού δίνεται από ένα παράγοντα της τάξης του 2,5 περίπου για τον πελάτη και του 2 περίπου για τον διακομιστή.

Δεν παρατηρήθηκε κάποια αξιοσημείωτη διακύμανση της επιβάρυνσης για κάποια συγκεκριμένη εντολή (σε αντιδιαστολή με αυτή που είχε παρατηρηθεί στις δοκιμές με τοπική υπηρεσία).

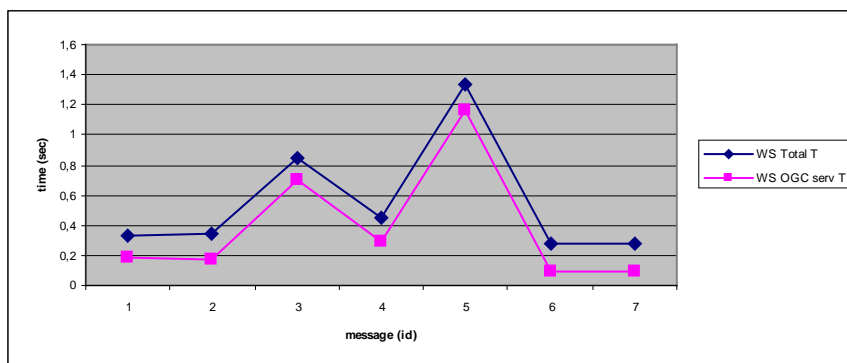
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

Πίνακας 9: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη WFS

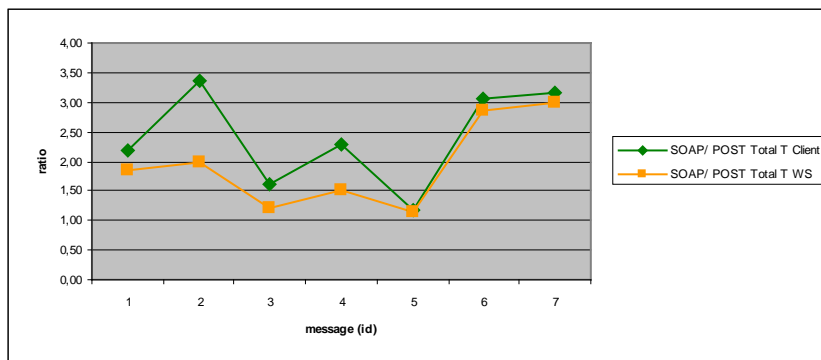
Iterations Count: 50		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
											$=(7)/(4)$	$=(10)/(11)$
1	wfs_GetCapabilities.xml	14,94	0,183	0,175	20,15	0,397	0,385	14,94	0,334	0,182	2,17	1,84
2	wfs_DescribeFeature.xml	6,47	0,108	0,102	6,47	0,364	0,356	6,47	0,348	0,177	3,36	1,97
3	wfs_GetFeature.xml	190,83	0,590	0,576	207,99	0,944	0,920	190,83	0,849	0,700	1,60	1,21
4	wfs_GetFeature_withFilter_Country.xml	40,72	0,228	0,222	44,43	0,523	0,511	40,72	0,445	0,295	2,29	1,51
5	wfs_Insert_Country.xml	0,64	1,174	1,170	1,15	1,399	1,389	0,64	1,339	1,168	1,19	1,15
6	wfs_Update_Country.xml	0,69	0,101	0,097	1,12	0,310	0,298	0,69	0,272	0,096	3,07	2,85
7	wfs_Delete_Country.xml	0,69	0,097	0,092	1,12	0,306	0,295	0,69	0,275	0,092	3,16	3,00



Σχήμα 22: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη WFS



Σχήμα 23: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη WFS



Σχήμα 24: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη WFS

6.1.4 Δοκιμές WPS (τοπική OGC υπηρεσία)

Η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 3 WPS μηνυμάτων/ερωτήσεων.

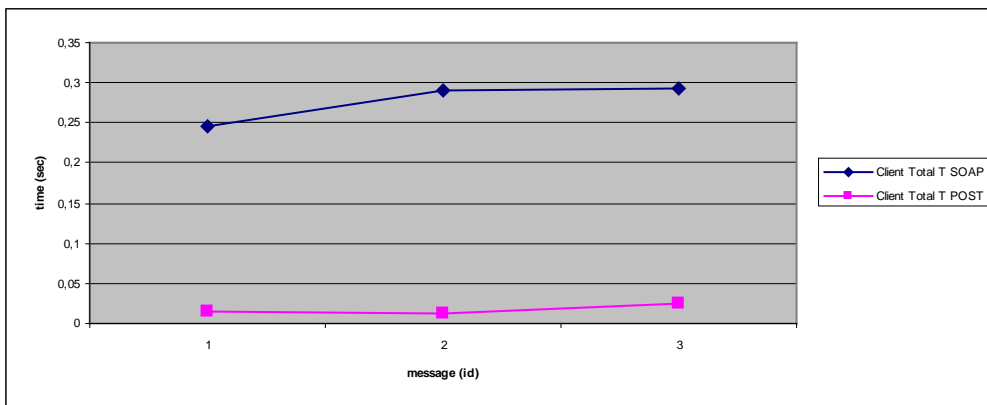
Ως προς την αποδοτικότητα, παρατηρούμε ότι η επιβάρυνση για το μήνυμα wps_ExecuteBuffer.xml, που αντιστοιχεί σε κλήση της εντολής Execute, είναι της τάξης του 11 για τον πελάτη και του 8 για τον διακομιστή.

Επίσης παρατηρούμε ότι η επιβάρυνση για τα μηνύματα wps_GetCapabilities.xml και wps_DescribeProcess.xml, που αντιστοιχούν σε κλήσεις των εντολών GetCapabilities και DescribeProcess, δίνεται από ένα παράγοντα αρκετά μεγαλύτερο που κυμαίνεται μεταξύ του 17 και του 25 περίπου για τον πελάτη και αντίστοιχα μεταξύ του 18 και του 24 περίπου για τον διακομιστή. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί από την υπόθεση ότι πιθανώς η υλοποίηση της υπηρεσίας έχει με κάποιο τρόπο πιο άμεσα διαθέσιμη την απάντηση των συγκεκριμένων εντολών, αφού αυτές είναι πάντα οι ίδιες (λογικά αλλάζουν μόνο όταν αλλάζει η συνολική διαμόρφωση της υπηρεσίας, π.χ. προσθήκη νέων επεξεργαστικών λειτουργιών).

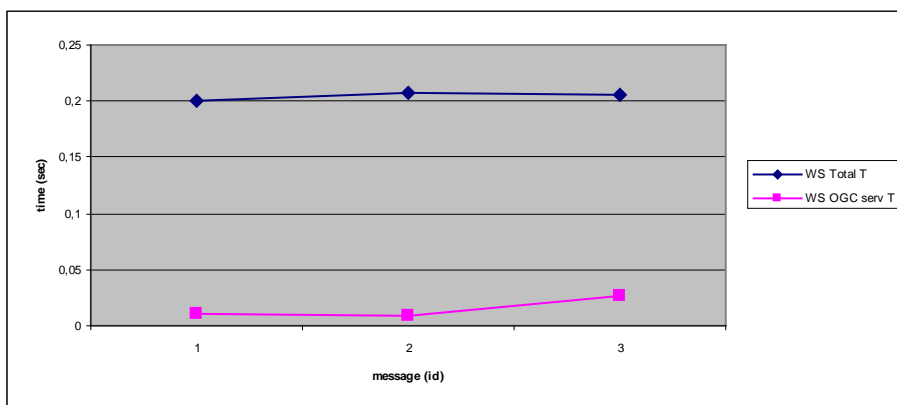
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

Πίνακας 10: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WPS

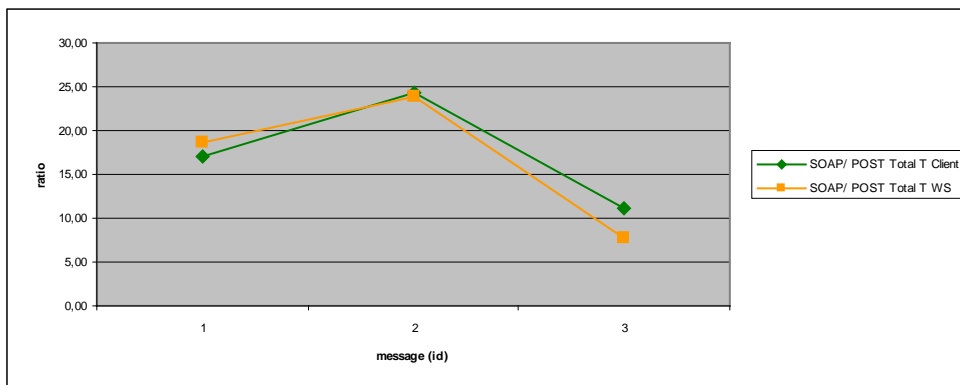
Iterations Count: 50		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12) =(7)/(4)	(13) =(10)/(11)
1	wps_GetCapabilities.xml	7,45	0,014	0,007	8,22	0,245	0,232	7,45	0,200	0,011	17,01	18,74
2	wps_DescribeProcess.xml	2,96	0,012	0,008	3,86	0,291	0,279	2,96	0,207	0,009	24,30	23,81
3	wps_ExecuteBuffer.xml	8,89	0,026	0,022	9,69	0,292	0,279	8,89	0,205	0,026	11,25	7,74



Σχήμα 25: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WPS



Σχήμα 26: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WPS



Σχήμα 27: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WPS

6.1.5 Δοκιμές WPS (τοπική OGC υπηρεσία – έλεγχος απόδοσης)

Για την καλύτερη εκτίμηση της αποδοτικότητας της υλοποίησης και του πώς αυτή επηρεάζεται από το μέγεθος των απαντήσεων έγιναν δοκιμές με μία ομάδα ερωτήσεων της εντολής Execute, οι οποίες ζητούσαν από την τοπική WPS υπηρεσία την δημιουργία πλαισίου (buffer) γύρω από διαφορετικά πλήθη πολυγώνων.

Αξίζει να επισημανθεί ότι στη συγκεκριμένη δοκιμή, εν αντιθέσει με τις δοκιμές απόδοσης που έγιναν στις άλλες υπηρεσίες, δεν είχε κύρια σημασία το μέγεθος της απάντησης αλλά αυτό της ερώτησης, αφού αντικατοπτρίζει και καίριο μέγεθος του πλήθους των πολυγώνων επί των οποίων πρέπει να γίνει επεξεργασία. Τα

επιστρεφόμενα πολύγωνα-πλαίσια, πάνω από κάποιο πλήθος πολυγώνων εισόδου, ελαττώνονται αφού αρκετά πλαίσια συγχωνεύονται λόγω αλληλοεπικάλυψης.

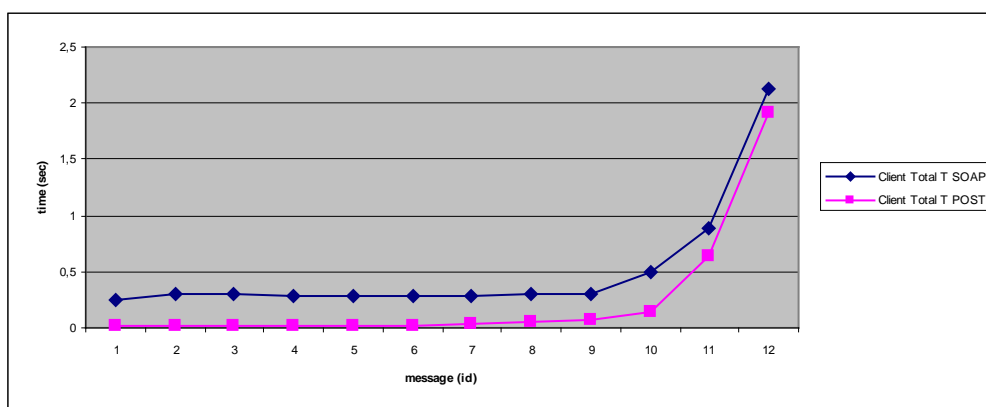
Συνολικά η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 12 WPS μηνυμάτων/ερωτήσεων, με τον λόγο μεγέθους της μεγαλύτερης ερώτησης προς το μέγεθος της μικρότερης να είναι της τάξης του 350, ενώ ο αντίστοιχος λόγος των πολυγώνων εισόδου είναι 1600.

Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος της ερώτησης και τείνει γρήγορα στην μονάδα για χρόνους μεγαλύτερους του ενός δευτερολέπτου.

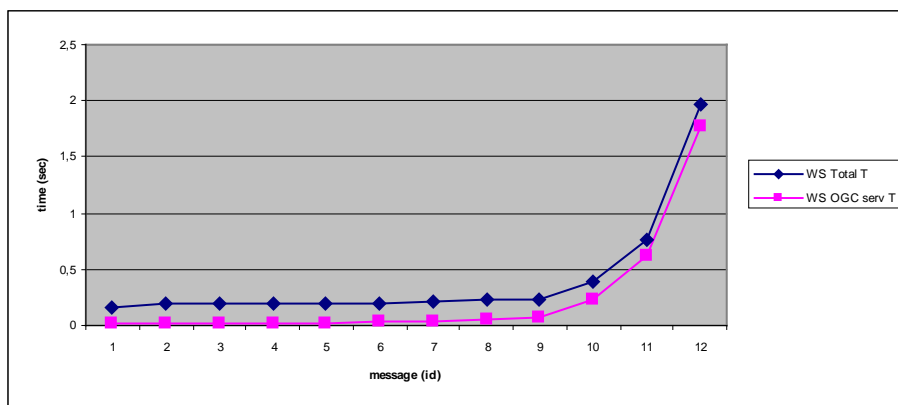
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

Πίνακας 11: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - τοπική WPS - αποδοτικότητα

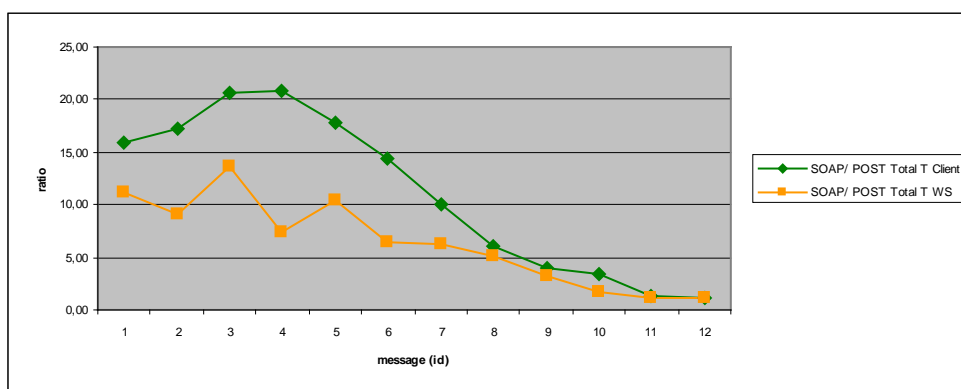
Iterations Count: 50		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Req size	Total T	OGC T	Req size	Total T	WS T	Req size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12) =(7)/(4)	(13) =(10)/(11)
1	wps_ExecuteBuffer0001.xml	1,82	0,016	0,011	1,82	0,254	0,244	1,82	0,157	0,014	15,96	11,10
2	wps_ExecuteBuffer0002.xml	2,33	0,017	0,013	2,33	0,301	0,290	2,33	0,204	0,023	17,24	9,01
3	wps_ExecuteBuffer0003.xml	2,74	0,014	0,011	2,74	0,298	0,287	2,74	0,200	0,015	20,72	13,62
4	wps_ExecuteBuffer0006.xml	4,11	0,014	0,011	4,11	0,292	0,279	4,11	0,194	0,026	20,76	7,35
5	wps_ExecuteBuffer0012.xml	7,21	0,016	0,012	7,21	0,293	0,281	7,21	0,194	0,019	17,81	10,39
6	wps_ExecuteBuffer0025.xml	13,65	0,020	0,016	13,65	0,288	0,275	13,65	0,197	0,031	14,35	6,40
7	wps_ExecuteBuffer0050.xml	25,99	0,029	0,024	25,99	0,290	0,274	25,99	0,208	0,033	9,95	6,32
8	wps_ExecuteBuffer0100.xml	49,42	0,050	0,034	49,42	0,308	0,293	49,42	0,229	0,045	6,12	5,03
9	wps_ExecuteBuffer0200.xml	99,43	0,073	0,065	99,43	0,294	0,273	99,43	0,226	0,070	4,04	3,25
10	wps_ExecuteBuffer0400.xml	201,98	0,148	0,141	201,98	0,498	0,473	201,98	0,394	0,238	3,36	1,65
11	wps_ExecuteBuffer0800.xml	405,97	0,630	0,623	405,97	0,893	0,855	405,97	0,766	0,626	1,42	1,22
12	wps_ExecuteBuffer1600.xml	815,95	1,921	1,916	815,95	2,125	2,063	815,95	1,960	1,780	1,11	1,10



Σχήμα 28: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - τοπική WPS - αποδοτικότητα



Σχήμα 29: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - τοπική WPS - αποδοτικότητα



Σχήμα 30: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - τοπική WPS - αποδοτικότητα

6.1.6 Δοκιμές WPS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία)

Η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 3 WPS μηνυμάτων/ερωτήσεων.

Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού δίνεται από ένα παράγοντα της τάξης του 3 περίπου για τον πελάτη και του 2 περίπου για τον διακομιστή.

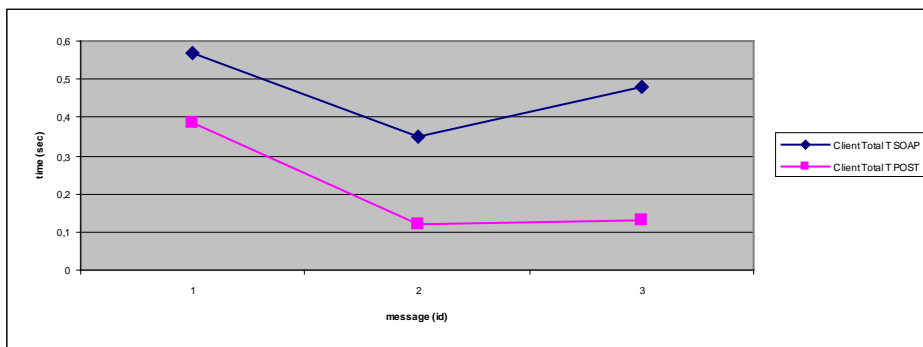
Παρατηρήθηκε ότι η γενικά επιβάρυνση και στον πελάτη και στο διακομιστή είναι μικρότερη από την αντίστοιχη στην περίπτωση της τοπικής WPS υπηρεσίας. Αυτό κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στο ότι στην περίπτωση της απομακρυσμένης υπηρεσίας παίζει πλέον σημαντικό ρόλο και το κόστος μεταφοράς του δικτύου, που είναι κοινό και για τις δύο υπηρεσίες. Η προηγούμενη υπόθεση ενισχύεται και από το γεγονός ότι η ερώτηση GetCapabilities (αρχείο wps_GetCapabilities.xml), που επιστρέφει απάντηση με αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος, έχει μικρότερη επιβάρυνση.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

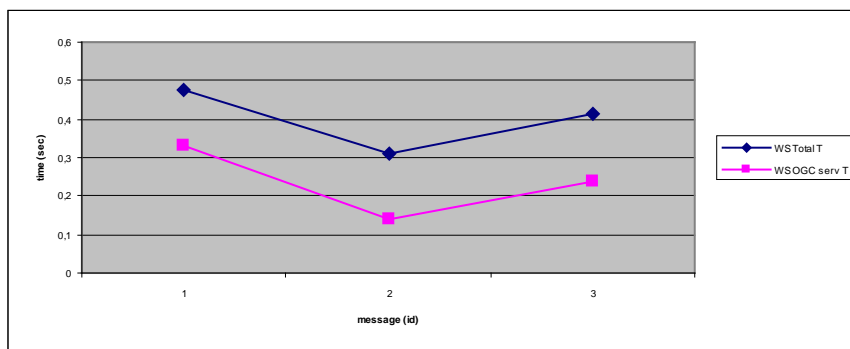
Πίνακας 12: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη WPS

Iterations Count: 50		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12) =(7)/(4)	(13) =(10)/(11)

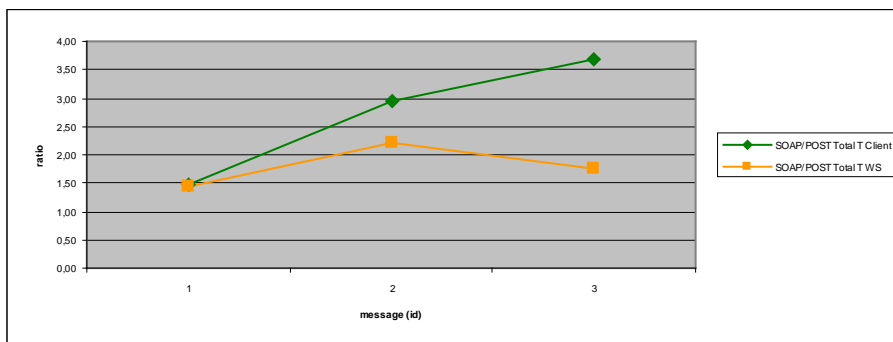
1	wps_GetCapabilities.xml	27,03	0,384	0,373	28,79	0,567	0,552	27,03	0,477	0,332	1,48	1,44
2	wps_DescribeProcess.xml	3,01	0,118	0,109	3,91	0,348	0,336	3,01	0,310	0,141	2,95	2,21
3	wps_ExecuteBuffer.xml	7,84	0,130	0,124	8,64	0,480	0,465	7,84	0,413	0,238	3,70	1,74



Σχήμα 31: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη WPS



Σχήμα 32: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη WPS



Σχήμα 33: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη WPS

6.1.7 Δοκιμές SOS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία)

Η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 4 SOS μηνυμάτων/ερωτήσεων.

Για την ακρίβεια, στα πλαίσια της δοκιμής αρχικά απεστάλησαν ερωτήσεις για όλες (εκτός από την InsertObservation) λειτουργίες/ερωτήσεις που επιτρέπει η SOS, αλλά όπως φάνηκε και από την απάντηση της απομακρυσμένης υπηρεσίας στην GetCapabilities, αυτή υποστηρίζει μόνο τέσσερις, για τις οποίες έγιναν στη συνέχεια οι διεξοδικές δοκιμές.

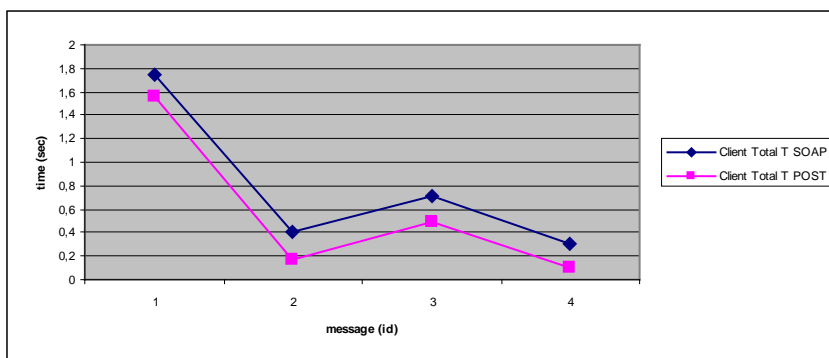
Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών επιβάρυνση κυμαίνεται μεταξύ ενός παράγοντα 1,1 και 3 για τον πελάτη, και 1,1 και 2,6 για τον διακομιστή.

Παρατηρήθηκε ότι η γενικά επιβάρυνση και στον πελάτη και στο διακομιστή είναι μικρότερη για μεγάλο μέγεθος απάντησης κάτι που πιθανότητα οφείλεται στο ότι καθώς πρόκειται για απομακρυσμένη υπηρεσία παίζει σημαντικό ρόλο και το κόστος μεταφοράς του δικτύου, που είναι κοινό και για τις δύο υπηρεσίες.

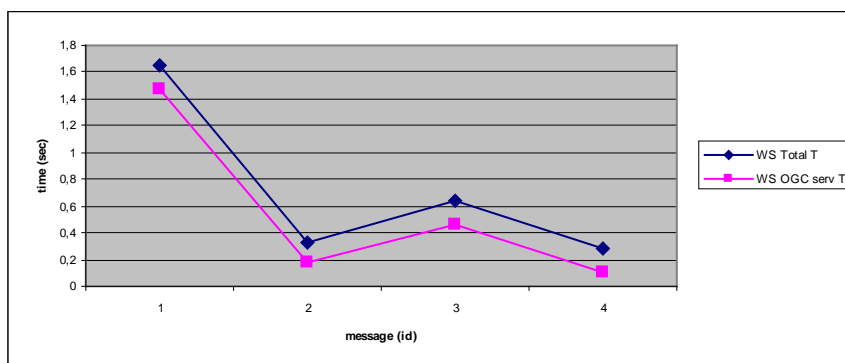
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

Πίνακας 13: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη SOS

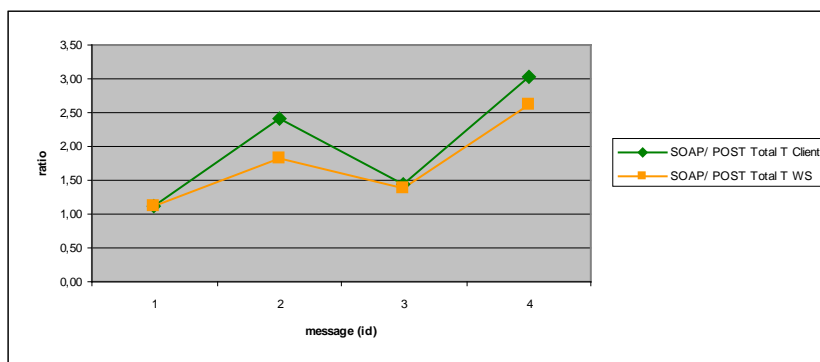
Iterations Count: 50		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12) =(7)/(4)	(13) =(10)/(11)
1	sos_GetCapabilities.xml	287,23	1,555	1,519	320,47	1,749	1,722	287,23	1,647	1,466	1,13	1,12
2	sos_DescribeSensor.xml	8,48	0,169	0,163	10,70	0,411	0,399	8,48	0,330	0,182	2,43	1,81
3	sos_GetObservation.xml	4,04	0,488	0,482	5,39	0,706	0,693	4,04	0,646	0,467	1,45	1,38
4	sos_GetFeatureOfInterest.xml	1,15	0,101	0,096	1,38	0,308	0,296	1,15	0,283	0,108	3,04	2,61



Σχήμα 34: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη SOS



Σχήμα 35: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη SOS



Σχήμα 36: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη SOS

6.1.8 Δοκιμές SOS (απομακρυσμένη OGC υπηρεσία – έλεγχος απόδοσης)

Για την καλύτερη εκτίμηση της αποδοτικότητας της υλοποίησης και του πώς αυτή επηρεάζεται από το μέγεθος των απαντήσεων έγιναν δοκιμές με ερωτήσεις που επέστρεφαν απαντήσεις διαφορετικού μεγέθους. Δημιουργήθηκε μία ομάδα ερωτήσεων της εντολής GetObservation που ζητούσαν μετρήσεις, από διαφορετικό πλήθος αισθητήρων ή/και για διαφορετικά χρονικά εύρη, από την απομακρυσμένη SOS υπηρεσία.

Συνολικά η δοκιμή περιελάμβανε την αποστολή 14 SOS μηνυμάτων/ερωτήσεων, με τον λόγο μεγέθους της μεγαλύτερης απάντησης προς το μέγεθος της μικρότερης να είναι της τάξης του 2000. Επειδή ο χρόνος λήψης απάντησης για τις μεγάλες απαντήσεις ήταν της τάξης των λεπτών (έναντι δεκάδων ή εκατοντάδων msec για τυπικούς χρόνους απαντήσεων στις περισσότερες άλλες δοκιμές), έγιναν μόνο 20 επαναλήψεις της διαδικασίας κλήσεων (έναντι 50 στις υπόλοιπες δοκιμές).

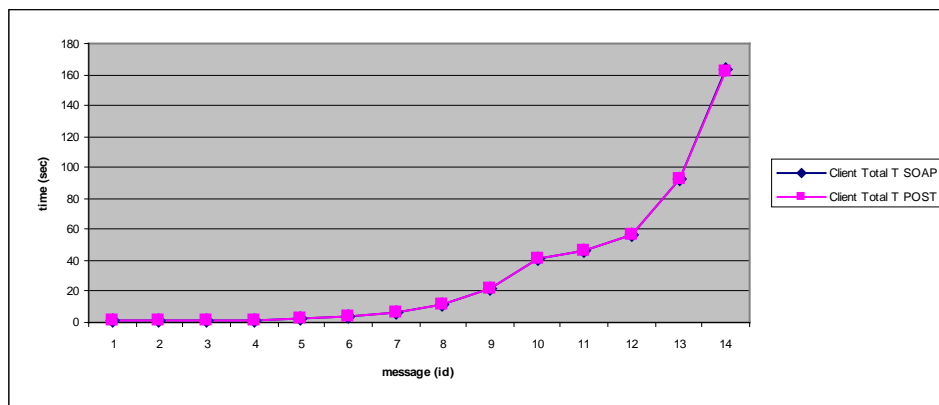
Ως προς την αποδοτικότητα, η δοκιμή γενικά έδειξε ότι η επιβάρυνση από την χρήση υπηρεσιών ιστού ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος της απάντησης και μάλιστα τείνει γρήγορα στην μονάδα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρήθηκε ακόμη το εξής σχετικά παράδοξο: για τις σχετικά μικρές απαντήσεις της δοκιμής η επιβάρυνση δείχνει να είναι μικρότερη της μονάδας, δηλαδή ο πελάτης της υπηρεσίας ιστού που καλεί την απομακρυσμένη OGC υπηρεσία δείχνει να λαμβάνει απάντηση πιο γρήγορα από τον πελάτη που συνάπτει απευθείας POST κλήση στην υπηρεσία αυτή. Μάλιστα αυτό συμβαίνει στην πλειοψηφία των επαναλήψεων, δεν είναι δηλαδή απλά αποτέλεσμα λίγων στατιστικά ακραίων τιμών (statistical outliers) ασυνήθιστα μεγάλων χρόνων απάντησης που επηρεάζουν τους μέσους όρους. Μία πιθανή εξήγηση θα μπορούσε ίσως να είναι ότι ο τοπικός διακομιστής εφαρμογών που στεγάζει την υπηρεσία ιστού κάνει με κάποιον τρόπο καλύτερη διαχείριση των HTTP συνδέσεων με την απομακρυσμένη υπηρεσία (π.χ. τις κρατάει ανοιχτές για λίγη ώρα εφόσον βλέπει ότι χρησιμοποιούνται συχνά). Αυτό όμως θα έπρεπε να παρατηρείται και στις απλές δοκιμές της απομακρυσμένης SOS υπηρεσίας που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 6.1.7, κάτι τέτοιο όμως δεν παρατηρήθηκε.

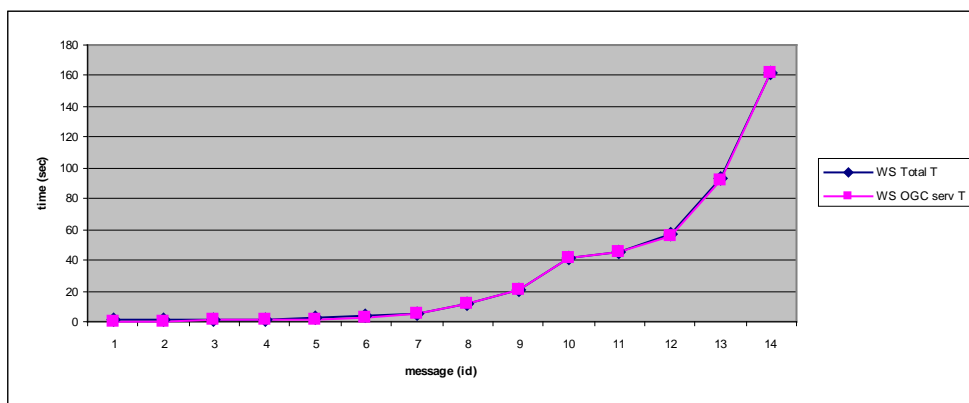
Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα μέσω του σχετικού πίνακα και των σχημάτων που αναφέρονται στην προηγούμενη ενότητα 6.1

Πίνακας 14: Συνοπτικά αποτελέσματα δοκιμών - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα

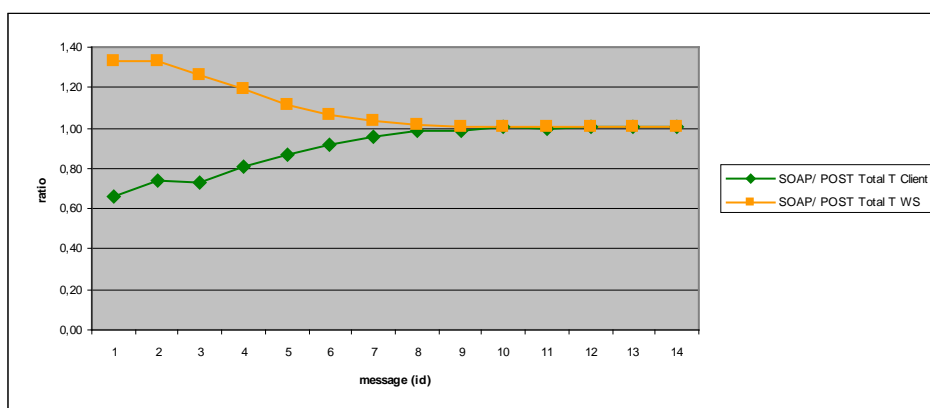
Iterations Count: 20		POST Client			SOAP Client			WS			SOAP/ POST Total T	
Message File Name		Resp size	Total T	OGC T	Resp size	Total T	WS T	Resp size	Total T	OGC T	Client	WS
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)= (7)/(4)	(13)= (10)/(11)
1	sos_GetObservation_p001.xml	7,0	1,12	1,12	8,4	0,74	0,73	7,0	0,69	0,52	0,66	1,33
2	sos_GetObservation_p002.xml	10,3	1,18	1,18	12,9	0,87	0,86	10,3	0,78	0,59	0,74	1,33
3	sos_GetObservation_p004.xml	16,8	1,32	1,32	21,9	0,96	0,96	16,8	0,90	0,71	0,73	1,27
4	sos_GetObservation_p008.xml	30,1	1,63	1,62	40,0	1,32	1,31	30,1	1,24	1,04	0,81	1,19
5	sos_GetObservation_p016.xml	56,8	2,39	2,38	74,0	2,07	2,05	56,8	1,99	1,79	0,87	1,11
6	sos_GetObservation_p032.xml	100,6	3,64	3,63	132,5	3,32	3,32	100,6	3,25	3,05	0,91	1,07
7	sos_GetObservation_p064.xml	201,1	6,18	6,16	267,3	5,91	5,89	201,1	5,82	5,63	0,96	1,03
8	sos_GetObservation_p128.xml	419,1	11,46	11,44	553,9	11,35	11,32	419,1	11,24	11,06	0,99	1,02
9	sos_GetObservation_p256.xml	792,1	21,54	21,50	1.048,1	21,29	21,24	792,1	21,12	20,94	0,99	1,01
10	sos_GetObservation_p512.xml	1.528,2	41,43	41,36	2.030,2	41,61	41,52	1.528,2	41,35	41,05	1,00	1,01
11	sos_GetObservation_p512d00h03.xml	2.029,3	46,35	46,27	2.531,3	46,21	46,10	2.029,3	45,93	45,68	1,00	1,01
12	sos_GetObservation_p512d00h06.xml	2.769,8	56,27	56,18	3.273,0	56,80	56,69	2.769,8	56,52	56,26	1,01	1,00
13	sos_GetObservation_p512d00h12.xml	6.549,1	93,03	92,84	7.168,5	93,18	92,94	6.549,1	92,68	92,33	1,00	1,00
14	sos_GetObservation_p512d01.xml	14.071,2	162,47	162,10	14.694,4	163,21	162,48	14.071,2	161,98	161,49	1,00	1,00



Σχήμα 37: Μέσος χρόνος πελάτη POST/SOAP - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα



Σχήμα 38: Μέσος χρόνος απόκρισης υπηρεσίας κλασικής/ιστού - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα



Σχήμα 39: Επιβάρυνση υπηρεσίας ιστού σε πελάτη/διακομιστή - απομακρυσμένη SOS - αποδοτικότητα

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Κλείνοντας αυτή την εργασία παραθέτουμε τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνά μας.

7.1 Συμπεράσματα

Η επέκταση των WFS, WPS και SOS υπηρεσιών σε υπηρεσίες ιστού είναι οπωσδήποτε εφικτή και σίγουρα δόκιμη προσέγγιση λόγω της ευρύτατης διάδοσης των υπηρεσιών ιστού. Οι τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για την επέκταση αυτή, όπως και για τους αντίστοιχους πελάτες των υπηρεσιών, παίζουν σημαντικό ρόλο στην απόδοση αλλά και στην ευελιξία της υλοποίησης. Βέβαια η επιλογή αυτή δεν είναι ποτέ μονόδρομος, έχει σημασία η χρήση της υπηρεσίας (και των πελατών της). Πιθανότατα μία υπηρεσία που απαιτεί σύντομη και ευέλικτη, αλλά και αξιόπιστη, προσαρμογή στις μελλοντικές εκδόσεις των σχετικών προτύπων να μπορεί να επωφεληθεί από την ευελιξία αλλά και την στιβαρότητα που παρέχουν οι τεχνολογίες JAX-WS και JAXB. Εάν πάλι η απόδοση, με την έννοια της ταχύτατης απόκρισης σε μικρές ερωτήσεις/απαντήσεις, είναι το παν ίσως άλλες τεχνολογίες να είναι πιο κατάλληλες.

Η χρήση εκτελέσιμων WS-BPEL διεργασιών για την σύνθεση των υπηρεσιών ιστού σε νέες υπηρεσίες, οι οποίες με τη σειρά τους καλούνται επίσης ως υπηρεσίες ιστού, αποδεικνύεται επίσης και εφικτή αλλά και αρκετά ευέλικτη. Ο συνδυασμός αυτών των δύο ώριμων τεχνολογιών για την εύκολη δημιουργία νέων γεωχωρικών υπηρεσιών καθιστά ακόμη πιο δελεαστική την προοπτική υποχρεωτικής υποστήριξης διεπαφών υπηρεσίας ιστού από τις μελλοντικές εκδόσεις των προδιαγραφών των διαδικτυακών υπηρεσιών του OGC.

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Με δεδομένη την σύγκλιση των κατευθύνσεων της παρούσας εργασίας και των προδιαγραφών της οδηγίας INSPIRE, η πιο ενδιαφέρουσα επέκταση θα ήταν η κάλυψη αυτών των προδιαγραφών.

Αυτό θα μπορούσε να γίνει και σε συντονισμό με τις εθνικές προσπάθειες που γίνονται για την συμμόρφωση με την συγκεκριμένη οδηγία, οι οποίες αποκρυσταλλώνονται στην δημιουργία της Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ) από τον Οργανισμό Κτηματολογίου και Χαρτογραφίσεων Ελλάδος.

Μία άλλη επέκταση θα μπορούσε να είναι η ενσωμάτωση των παρεχόμενων στην Ελλάδα από το www.geodata.gov.gr (στα πλαίσια της ΕΥΓΕΠ) γεωχωρικών πληροφοριών και η κατασκευή κάποιων χρήσιμων BPEL διεργασιών πάνω σε αυτά.

Μία άλλη πολύ χρήσιμη επέκταση θα μπορούσε να είναι η δημιουργία επάνω από το διαλειτουργικό στρώμα που προσφέρει η χρήση υπηρεσιών ιστού και μητρώων υπηρεσιών ιστού, κυρίως μέσω των τεχνολογιών WSDL και UDDI, ενός σημασιολογικού στρώματος (semantic layer) με τη χρήση τεχνολογιών όπως η OWL. Ένα τέτοιο σημασιολογικό στρώμα θα επέτρεπε την λογική αναζήτηση υπηρεσιών ιστού που ικανοποιούν πολύπλοκα κριτήρια επί συγκεκριμένων εννοιών εκφρασμένων σε κάποια σχετική οντολογία.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός Όρος
Application server	Διακομιστής εφαρμογών
Atomicity	Ατομικότητα
Class	Κλάση
Client	Πελάτης
Component	Συστατικό
Data stream	Ροή δεδομένων
Facade	Πρόσοψη
Namespaces	Χώροι ονομάτων
Package	Πακέτο
Project	Έργο
Service	Υπηρεσία
Schema	Σχήμα
Statistical outliers	Στατιστικά ακραίες τιμές
Web service	Υπηρεσία ιστού
Web application	Διαδικτυακή εφαρμογή
Wrapper	Περιτύλιγμα
Whitespaces	Λευκοί χαρακτήρες

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΕΥΓΕΠ	Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών
BPEL	Business Process Execution Language
GIS	Geographic Information System
GML	Geography Markup Language
GUI	Graphical User Interface
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IDE	Integrated Development Environment
INSPIRE	the Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe
J2EE	Java 2 Enterprise Edition
JAR	Java ARchive
KML	(formerly) Keyhole Markup Language
OGC	Open Geospatial Consortium, inc
OWL	Web Ontology Language
SOA	Service-Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOS	Sensor Observation Service
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WAR	Web application ARchive
WS	Web Service
WFS	Web Feature Service
WPS	Web Processing Service
WCS	Web Coverage Service
WMS	Web Map Service
WS-BPEL	Web Services Business Process Execution Language
WSDL	Web Services Description Language
XML	eXtensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition
XSLT	eXtensible Stylesheet Language Transformations

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

Πηγαίος Κώδικας

Φάκελος *files\code\projects*

Όλος ο πηγαίος κώδικας περιέχεται σε φακέλους που αντιστοιχούν σε έργα (projects) του περιβάλλοντος εργασίας NetBeans.

- Για τις τρεις υπηρεσίες ιστού (WFS, WPS και SOS) δημιουργήθηκαν έξι έργα, δύο ανά υπηρεσία. Το ένα έργο (ανά υπηρεσία) χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή, μέσω σχετικής αυτοματοποιημένης διαδικασίας του NetBeans, των απαιτούμενων από τις τεχνολογίες JAX-WS και JAXB κλάσεων. Το έργο αυτό ήταν χρήσιμο σε κάθε περίπτωση όπου κατά την ανάπτυξη προέκυπτε αλλαγή στο WSDL της υπηρεσίας ή σε κάποιο XML σχήμα. Το δεύτερο έργο που χρησιμοποιούσε παγιωμένα αντίγραφα των κλάσεων του πρώτου και σε αυτό γινόταν η ουσιαστική ανάπτυξη της υπηρεσίας. Αυτά τα έργα βρίσκονται στους υποφακέλους WfsWs02, WfsWs03, WpsWs02, WpsWs03, SosWs02 και SosWs03 του φακέλου *files\code\projects*. Το όνομά τους μαρτυρά την σχετική υπηρεσία.
- Για την ανάπτυξη των πελατών των υπηρεσιών ιστού (web service clients) των υπηρεσιών δημιουργήθηκε ένα μόνο έργο που χρησιμοποιούσε τα παγιωμένα αντίγραφα των κλάσεων που δημιούργησαν τα τρία πρώτα έργα των τριών υπηρεσιών ιστού. Το έργο αυτό βρίσκεται στον υποφάκελο GeoClient03.
- Για την BPEL διεργασία δημιουργήθηκαν δύο έργα που βρίσκονται στους υποφακέλους OgcBpelModule και OgcCompositeApp.
- Για τον πελάτη της BPEL διεργασίας δημιουργήθηκε ένα έργο που βρίσκεται στον υποφάκελο OgcBpelClient03.
- Για τον κώδικα που αντιστοιχεί στο συστατικό OGC-GUI δημιουργήθηκε ένα έργο που βρίσκεται στον υποφάκελο OgcDesktop.
- Για τον κώδικα που αντιστοιχεί στο συστατικό OGC-WS-Facade δημιουργήθηκε ένα έργο που βρίσκεται στον υποφάκελο GenericOgcClient.
- Για τον κώδικα που αντιστοιχεί σε βιβλιοθήκη κοινή για τα περισσότερα άλλα έργα δημιουργήθηκε ένα έργο που βρίσκεται στον υποφάκελο GeoCommon.

Φάκελος *files\code\javadoc*

Η τεκμηρίωση των παραχθέντων Java κλάσεων βρίσκεται στον φάκελο *files\jdoc* σε μορφή javadoc.

Εκτελέσιμο Λογισμικό

Φάκελος *files\code\exec\war*

Τα τρία εκτελέσιμα WAR αρχεία, WfsWs03.war, WpsWs03.war και SosWs03.war, που αντιστοιχούν στις τρεις υπηρεσίες ιστού (WFS, WPS και SOS) βρίσκονται στον φάκελο *files\code\exec\war*.

Φάκελος *files\code\exec\jar*

- Το εκτελέσιμο JAR αρχείο OgcDesktop.jar, που αντιστοιχεί στο συστατικό OGC-GUI βρίσκεται στον υποφάκελο OgcDesktop.
- Το εκτελέσιμο JAR αρχείο GeoClient03.jar, που αντιστοιχούν στους τρεις πελάτες των υπηρεσιών ιστού βρίσκονται στον υποφάκελο GeoClient03.
- Το εκτελέσιμο JAR αρχείο GenericOgcClient.jar, που αντιστοιχεί στο συστατικό OGC-WS-Facade, βρίσκεται στον υποφάκελο GenericOgcClient.
- Το εκτελέσιμο JAR αρχείο GeoCommon.jar που αντιστοιχεί στην κοινή βιβλιοθήκη βρίσκεται στον υποφάκελο GeoCommon.

Στους αντίστοιχους υποφάκελους \lib των παραπάνω υποφάκελων βρίσκονται τα jar αρχεία όλων απαιτούμενων java βιβλιοθηκών.

Φάκελος *\files\code\exec\zip*

Το εκτελέσιμο ZIP αρχείο OgcCompositeApp.zip, που αντιστοιχεί στην BPEL διεργασία βρίσκεται στον υποφάκελο OgcCompositeApp.

Άλλα Αρχεία (XML, XSD, WSDL, BPEL, XSLT)

Φάκελος *\files\xml\schemas*

Τα XML σχήματα (schemas) που περιγράφουν όλα τα OGC δεδομένα (μηνύματα ερωτήσεων/απαντήσεων και γεωχωρικά και άλλα δεδομένα) βρίσκονται στον φάκελο *\files\xml\schemas* και τους περιεχόμενους υποφάκελους.

Τα αρχεία αυτά ανακτήθηκαν από τον επίσημο ιστοχώρο του OGC. Στο αρχείο README_schemas.txt περιγράφονται οι όποιες επεμβάσεις έγιναν στα συγκεκριμένα αρχεία ώστε να διευκολυνθεί η παρασκευή των υπηρεσιών ιστού μέσα από το περιβάλλον ανάπτυξης NetBeans.

Φάκελος *\files\xml\schemas\features*

Στον φάκελο *\files\xml\schemas\features* περιέχονται τα XML σχήματα που περιγράφουν τα δεδομένα των υλοποιημένων OGC υπηρεσιών που χρησιμοποιήθηκαν.

Φάκελος *\files\xml\bpel*

Στον φάκελο περιέχονται τα αρχεία που περιγράφουν τις δύο BPEL διεργασίες που κατασκευάστηκαν.

Φάκελος *\files\xml\xsl*

Οι XSLT μετασχηματισμοί που χρησιμοποιούν οι BPEL διεργασίες βρίσκονται στον φάκελο *\files\xml\xsl*.

Φάκελος *\files\xml\wsdl*

Τα τρία WSLD αρχεία, wfs.wsdl, wps.wsdl και sos.wsdl, που περιγράφουν τις τρεις αντίστοιχες υπηρεσίες ιστού (WFS, WPS και SOS) βρίσκονται στον φάκελο *\files\xml\wsdl*.

Οι δύο BPEL διεργασίες καλούνται ως υπηρεσίες ιστού, τα δε WSDL αρχεία που τις περιγράφουν βρίσκονται στον ίδιο φάκελο.

Φάκελος \files\testCases

Όλα τα αρχεία που σχετίζονται με τις δοκιμές βρίσκονται στους υποφακέλους του φακέλου testCases (ένας υποφάκελος για κάθε τύπο δοκιμής). Τα αρχεία αυτά περιλαμβάνουν τα XML αρχεία των ερωτήσεων, τα αντίστοιχα XML αρχεία των απαντήσεων καθώς και τα logs των δοκιμών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Open Geospatial Consortium (OGC), Επίσημος Ιστοχώρος, <http://www.opengeospatial.org> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [2] Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), Επίσημος Ιστοχώρος, <http://www.osgeo.org/> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [3] *OpenGIS® Specification, Web Feature Service Implementation Specification, Open Geospatial Consortium Inc., 3 May 2005.*
- [4] *OpenGIS® Standard, Web Processing Service, Open Geospatial Consortium Inc., 2007-06-08.*
- [5] *OpenGIS® Standard, Sensor Observation Service, Open Geospatial Consortium Inc., 2007-10-26.*
- [6] *OpenGIS® Standard, Web Coverage Service, Open Geospatial Consortium Inc., 2008-03-19.*
- [7] *OpenGIS® Specification, Web Map Server Implementation Specification, Open Geospatial Consortium Inc., 2006-03-15.*
- [8] *OpenGIS® Standard, Geography Markup Language, Open Geospatial Consortium Inc., 2007-08-27.*
- [9] *OpenGIS® Standard, KML, Open Geospatial Consortium Inc., 2008-04-14.*
- [10] GeoServer, Επίσημος Ιστοχώρος, <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [11] deegree, Επίσημος Ιστοχώρος, <http://www.deegree.org/> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [12] MapServer, Επίσημος Ιστοχώρος, <http://www.mapserver.org/> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [13] Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE), Επίσημος Ιστοχώρος, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [14] Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΕΥΓΕΠ), Επίσημος Ιστοχώρος, <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=649&language=el-GR> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [15] *EUR - Scientific and Technical Research Reports, SOAP HTTP Binding Status - Survey on OGC and ORCHESTRA Specifications Relevant for the INSPIRE Network Services, JRC46663, European Commission Joint Research Centre, 2008.*
- [16] Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services, 2011-11-07, http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.1.pdf [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [17] *OpenGIS® Specification, OGC Web Services Common Specification, Open Geospatial Consortium Inc., 2007-02-09.*
- [18] *OGC Change Request, OWS Common change request: Add SOAP encoding, OGC Doc 06-094r1, Open Geospatial Consortium Inc.*
- [19] *OGC Discussion Paper, Wrapping OGC HTTP-GET and -POST Services with SOAP - Discussion Paper, OGC Doc 07-158, Open Geospatial Consortium Inc., 2008-01-24.*
- [20] *OGC Discussion Paper, OWS 5 SOAP/WSDL Common Engineering Report, OGC Doc 08-009r1, Open Geospatial Consortium Inc., 2008-01-16.*
- [21] Web service, Web Services Glossary, W3C Working Group Note 11 February 2004; <http://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-gloss-20040211/> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [22] *OASIS Standard, Web Services Business Process Execution Language Version 2.0, OASIS, 11 April 2007.*
- [23] JSR-000224 Java™ API for XML-Based Web Services 2.2 Rev a (JAX-WS); <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/mrel/jsr224/index4.html> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [24] JSR-000222 Java™ Architecture for XML Binding (JAXB) 2.2; <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/mrel/jsr222/index2.html> [Προσπελάστηκε 22/5/12]
- [25] *W3C Recommendation, XSL Transformations (XSLT), W3C, 23-01-2007.*
- [26] *W3C Recommendation, Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0, W3C, 26-06-2007.*
- [27] *W3C Recommendation, SOAP Version 1.2, W3C, 27-04-2007.*