Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

Εισαγωγή της έννοιας του χρόνου ως πρωτογενούς στοιχείου στην γλώσσα Telos

Διπλωματική Εργασία

Ανθή Γιώρτσου

Οκτώβριος 1995

Επόπτης Καθηγητής : Πάνος Κωνσταντόπουλος

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή **2**

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση **2**

3 Ανάλυση προβλήματος **3**
3.1 Το πρόβλημα παράστασης χρονικής πληροφορίας στο ΚΛΕΙΩ . . . 3
3.2 Αντιμετώπιση προβλήματος μέσω χρονικού πρωτογενούς στοιχείου 6
3.3 Χρονικοί τελεστές που χρησιμοποιήθηκαν 7

4 Επίλυση **9**
4.1 Ρουτίνες χειρισμού χρόνου 9
4.2 Μηχανισμός λεξικογραφικής ανάλυσης χρονολογικών εκφράσεων 11
4.3 Ενσωμάτωση χρονικής κλάσης στην Telos 13
4.4 Ενσωμάτωση χρονικών τελεστών στο Application Programming Interface του SIS 13
4.5 Απεικόνιση χρονικού στοιχείου μέσω επαφής χρήσης του SIS . . . 13

5 Εργαλεία **16**

6 Επίλογος **16**
6.1 Συμπεράσματα 16
6.2 Επεκτάσεις 16

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Λεπτομέρειες υλοποίησης **17**
7.1 Προσθήκες στον κώδικα της Telos 17
7.2 Προσθήκες στον κώδικα του pqi 18
7.3 Προσθήκες στον κώδικα του ui 19
7.4 Προσθήκες στον κώδικα του bqp 19

8 Βιβλιογραφία **20**

1 Εισαγωγή

Η έννοια του χρόνου συναντάται σε πολλούς τομείς της επιστήμης. Ιδιαίτερα στην επιστήμη υπολογιστών ο χρόνος είναι ένα θέμα κοινό σε περιοχές όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα πληροφοριακά συστήματα και γενικότερα σε περιοχές όπου παρουσιάζεται ανάγκη παράστασης γνώσης σχετικής με γεγονότα. Σε όλους αυτούς τους τομείς τίθεται θέμα ερμηνείας της έννοιας του χρόνου και στη συνέχεια σωστής υλοποίησης της ερμηνείας αυτής. Η αποδοτική υλοποίηση είναι αναγκαία ώστε να είναι δυνατή η οργάνωση και αποθήκευση της πληροφορίας καθώς και η ανάπτυξη και εφαρμογή μαθηματικού λογισμού πάνω στην πληροφορία αυτή.

Το πρόβλημα προκύπτει από την ίδια τη φύση της πληροφορίας που έχουμε να καταγράψουμε. Ο χρόνος είναι μια αφηρημένη έννοια που επιδέχεται πολλές ερμηνείες. Η αντιμετώπιση του εξαρτάται από τον ”κόσμο” μέσα στον οποίο παρουσιάζεται το πρόβλημα παράστασης του.

Για παράδειγμα, η γέννηση ενός ατόμου μπορεί να ερμηνευτεί, χρονικά, είτε ως η στιγμή που το άτομο αυτό γεννήθηκε, είτε ως η χρονική διάρκεια του τοκετού, ενώ σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να θεωρηθεί ως γέννηση το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της σύλληψης εώς τη στιγμή του τοκετού.

Παρακάτω αναπτύσεται το πρόβλημα ερμηνείας, καταγραφής και χειρισμού της χρονικής πληροφορίας, όπως αυτό παρουσιάζεται από την προοπτική των πληροφοριακών συστημάτων. Περιγράφεται μια χρονική παράσταση που χρησιμοποιεί την έννοια του χρονικού διαστήματος ως πρωτογενούς στοιχείου. Ο χρόνος αντιμετωπίζεται ως η αντιπροσώπευση της εξέλιξης ενός γεγονότος.

Η παρούσα εργασία αρχικά παρουσιάζει μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την χρησιμοποίηση χρονικού πρωτογενούς στοιχείου, τόσο για την παράσταση χρόνου σε πληροφοριακά συστήματα, όσο και σε συστήματα τεχνητής νοημοσύνης. Στη συνέχεια, στην παράγραφο (3), παρουσιάζεται μία ανάλυση του προβλήματος, όπως αυτό εμφανίστηκε στο σύστημα πολιτισμικής τεκμηρίωσης ΚΛΕΙΩ (που θα περιγραφεί στην ίδια παράγραφο) και της λύσης που ακολουθήθηκε για την αντιμετώπισή του. Ακολουθεί η περιγραφή της μεθόδου επίλυσης, που αναπτύχθηκε ενώ στο παράρτημα παρατίθενται λεπτομέρειες υλοποίησης.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Προβλήματα παράστασης και χειρισμού χρονικής πληροφορίας εμφανίζονται τόσο στην περιοχή των πληροφοριακών συστημάτων όσο και στην τεχνητή νοημοσύνη. Σχετική λοιπόν δουλειά βρίσκουμε και στους δύο αυτούς τομείς.

Η ιδέα χρησιμοποίησης χρονικών διαστημάτων ως πρωτογενών στοιχείων, υιοθετείται από τον Allen (βλ. [1],[2]) σε εργασίες μοντελοποίησης συστημάτων

επίλυσης προβλημάτων καθώς και συστημάτων επεξεργασίας φυσικών γλωσσών. Κατά τον Allen, η χρησιμοποίηση χρονικού πρωτογενούς στοιχείου προκύπτει από την ανάγκη για πιο εκφραστικές παραστάσεις χρονικής πληροφορίας. Στις εργασίες του παρουσιάζει μια λεπτομερή ανάλυση για την χρησιμοποίηση χρονικού διαστήματος αντί χρονικού στοιχείου, στην παράσταση της χρονικής πληροφορίας. Στην προσπάθειά του να κωδικοποιήσει τα χρονικά συμπεράσματα που εξάγονται αυτόματα κατά την διάρκεια ενός διαλόγου, κατέληξε σε δεκατρείς σχέσεις που μπορούν να ισχύσουν μεταξύ διαστημάτων. Οι σχέσεις αυτές είναι ικανές να θέσουν όλες τις απαραίτητες εξαρτήσεις μεταξύ διαστημάτων χρόνου και κατά συνέπεια να αποτελέσουν βάση για την εφαρμογή μαθηματικής λογικής πάνω σε χρονικά στοιχεία.

Η θεώρηση του Allen για τον χρόνο, έχει υιοθετηθεί και στην ανάπτυξη της Telos στο πανεπιστήμιο του Τορόντο (βλ. [5],[8]). Ο χρόνος αντιμετωπίζεται σαν διάστημα που έχει διάρκεια και αντιστοιχεί σε ένα γεγονός. Για τον χαρακτηρισμό των σχέσεων που μπορούν να ισχύσουν μεταξύ δύο χρονικών στοιχείων, έχουν χρησιμοποιηθεί οι δεκατρείς τελεστές του Allen. Ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα παράστασης ημιτελούς χρονικής γνώσης. Επιτρέπεται η δήλωση ημι-άπειρων διαστημάτων στα οποία μόνο το ένα άκρο εκφράζει συγκεκριμένη ημερομηνία (για παράδειγμα, 1986/10/25..∗). Επίσης υπάρχει η έννοια του άπειρου διαστήματος **AllTime**, καθώς και του ειδικού διαστήματος **Now**, που αναφέρεται στον τρέχοντα χρόνο συστήματος.

Χρήση χρονικού πρωτογενούς στοιχείου μελετάνε και οι Schubert, Papalaskaris και Taugher (βλ. [10]), σε ένα σύστημα εξαγωγής συμπερασμάτων από μία φυσική αφήγηση ή έναν διάλογο πάνω στην αγγλική γλώσσα. Στο σύστημα αυτό, προστέθηκε ένας επαγωγικός αλγόριθμος εξαγωγής συμπερασμάτων πάνω σε ένα ευρύ πεδίο ερωτήσεων. Ο χρόνος παριστάνεται με τη βοήθεια αριθμητικών διαστημάτων, για τα οποία έχουμε κωδικοποίηση των άκρων τους. Ολες οι χρονικές εξαρτήσεις που προκύπτουν από μια αφήγηση, εισάγονται σε ένα γράφο και αντιπροσωπεύονται από ένα βέλος που συνδέει δύο χρονικά σημεία, των οποίων η σειρά είναι άμεσα γνωστή. Σε γενικές γραμμές η ιδέα για τη δημιουργία του σημασιολογικού δικτύου, είναι η αντιπροσώπευση των χρονικών στιγμών από κόμβους του δικτύου, και η αρίθμησή τους με την σειρά με την οποία εισάγονται στον γράφο. Σε κάθε κόμβο (χρονική στιγμή) αναθέτεται και μία δεύτερη αριθμητική τιμή που αντιπροσωπεύει ένα είδος ψευδοχρόνου, που κατα σύμβαση ισχύει στο γράφο. Ετσι η χρονική σειρά δύο χρονικών σημείων μπορεί να βρεθεί με την σύγκριση των ψευδοχρόνων τους, σε σταθερό χρόνο.

3 Ανάλυση προβλήματος

3.1 Το πρόβλημα παράστασης χρονικής πληροφορίας στο ΚΛΕΙΩ

Το σύστημα ΚΛΕΙΩ είναι ένα σύστημα πολιτισμικής τεκμηρίωσης. Ενα σύστημα πολιτισμικής τεκμηρίωσης αποσκοπεί στην οργάνωση ενός εξελισσόμενου συνόλου γνώσεων χρήσιμου στην επιστημονική μελέτη και

έρευνα. Στο ΚΛΕΙΩ η γνώση οργανώνεται με βάση ένα Ειδικά σχεδιασμένο σημασιολογικό μοντέλο, στο οποίο έχουν κωδικοποιηθεί βασικές έννοιες, όπως η ύλη, η ποσότητα, ο χώρος, έννοιες ανθρωπολογικές καθώς και έννοιες πνευματικής δημιουργίας. Λειτουργικός πυρήνας του ΚΛΕΙΩ είναι το Σύστημα Σημασιολογικού Ευρετηριασμού (Semantic Index System - SIS βλ. [4]) κατασκευασμένο στο Ινστιτούτο Πληροφορικής. Για την παράσταση γνώσεων στο ΚΛΕΙΩ χρησιμοποιείται η Telos, μια γλώσσα παράστασης γνώσης κατάλληλη για την παράσταση γνώσεων σε ένα πληροφοριακό σύστημα. Αποτελεί τον πυρήνα για την παράσταση γνώσεων στο ΚΛΕΙΩ. Τα αντικείμενα εκφράζονται και συνδέονται με τις οντότητες του μοντέλου του ΚΛΕΙΩ μέσω της Telos, με την εφαρμογή των μηχανισμών απόδοσης γνωρίσματος, ταξινόμησης και γενίκευσης που αυτή προσφέρει.

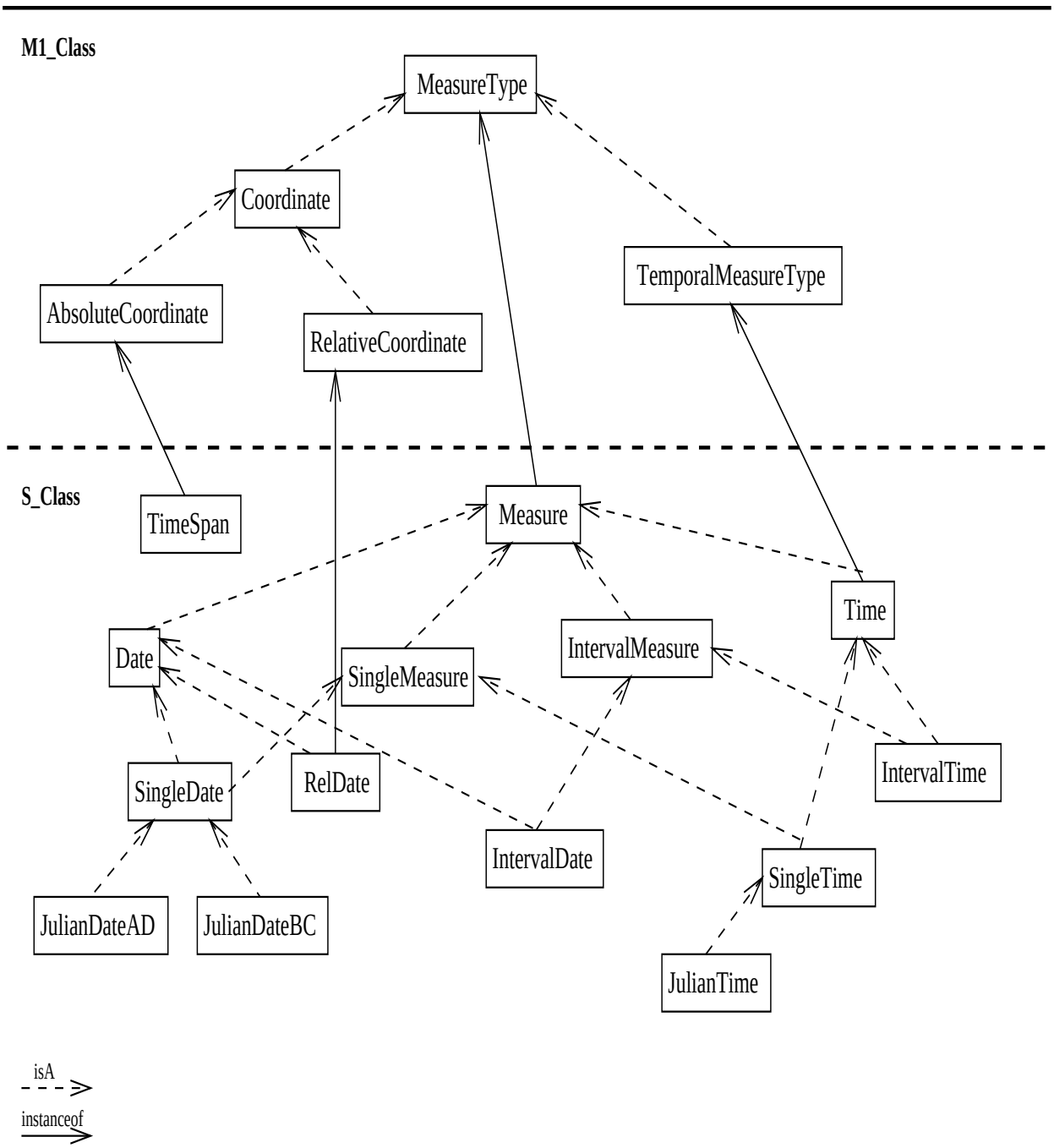
Η προσέγγιση του ΚΛΕΙΩ στο πρόβλημα παράστασης χρονικής πληροφορίας, είναι η δημιουργία σημασιολογικού μοντέλου που κωδικοποιεί την έννοια του χρόνου και τους τρόπους μέτρησής του (βλ. [11]). Στο μοντέλο του ΚΛΕΙΩ υπάρχει η μετακλάση **MeasureType**, που ταξινομεί όλους τους τρόπους μέτρησης. Ειδικά για το χρόνο, υπάρχει η υποκλάση **TemporalMeasureType**, που συγκεντρώνει τους τρόπους μέτρησης του χρόνου. Περιπτώσεις της είναι οι κλάσεις:

- **Date** που δηλώνει τον χρόνο ως ημερομηνία. Υποκλάσεις της είναι οι **SingleDate**, που επιτρέπει την δήλωση μιας απλής ημερομηνίας, η **IntervalDate** που δηλώνει την ημερομηνία με την μορφή διαστήματος προσσέγγισης και η **RelDate** που περιγράφει ημερομηνίες του τύπου ”τρεις μέρες μετά/πριν την τέταρτη Μαΐου”.

- **Time** που παριστάνει την μέτρηση της χρονικής απόστασης μεταξύ δύο γεγονότων. Κατ’ αναλογία με την **Date** έχει τις υποκλάσεις **SingleTime** και **IntervalTime** στις οποίες ταξινομούνται και οι συγκεκριμένες μετρήσεις χρόνου.

Η αναφορά σε ένα χρονικό διάστημα, με την έννοια της διάρκειας περιγράφεται με την κλάση **TimeSpan**.

Το μοντέλο παράστασης χρονικής πληροφορίας στο ΚΛΕΙΩ, φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: *Κλάσεις που περιγράφουν τρόπους μέτρησης χρόνου στο ΚΛΕΙΩ.*

Με αυτή την κωδικοποίηση του χρόνου, δίνεται η δυνατότητα καταγραφής χρονικής γνώσης. Παρόλ' αυτά όμως προκύπτουν μερικά προβλήματα αποδοτικής αποθήκευσης και χειρισμού της καταγραφόμενης πληροφορίας. Η σύνδεση της χρονικής πληροφορίας με το μοντέλο του ΚΛΕΙΩ, δεν παρέχει αυτόματη πρόσβαση σε συμπεράσματα που εξάγονται έμμεσα από την γνώση που υπάρχει καταχωρημένη στο σύστημα. Η αδυναμία αυτή γίνεται κατανοητή με την παρουσίαση ενός παραδείγματος από την τεκμηρίωση της ιστορικής συλλογής όπλων του μουσείου Μπενάκη. Σ'αυτή την εφαρμογή υπάρχει καταχωρημένη η ημερομηνία θανάτου του Αλή Πασά (1822). Η πληροφορία αυτή, όπως εισάγεται στην ιεραρχία του χρονικού μοντέλου του ΚΛΕΙΩ, δεν μπορεί να εξάγει αυτόματα τον εγκλεισμό του θανάτου του Αλή Πασά (του γεγονότος που αντιπροσωπεύει η χρονική πληροφορία), στον 19ο αιώνα. Για να υπάρξει αυτή η εξάρτηση έχει δηλωθεί άμμεσα ότι ο θάνατος του Αλή Πασά είναι περίπτωση του 19ου αιώνα. Για να μπορούν λοιπόν να υπάρξουν εξαρτήσεις όπως η παραπάνω, κωδικοποιήθηκαν όλοι οι αιώνες από το 2000 ΠΧ μέχρι το 2000 ΜΧ. Οποιαδήποτε άλλη εξάρτηση προκύπτει από αυτή την κωδικοποίηση, πρέπει να δηλωθεί επίσης ρητά.

Ακόμη όμως και μ'αυτή την προσέγγιση, η εξαγωγή όλων αυτών των εξαρτήσεων δεν προκύπτει αυτόματα, με την απλή ανάκληση των δεδομένων. Απαιτούνται πολύπλοκες ερωτήσεις που προκαλούν την διάσχυση εκτεταμένων ιεραρχιών. Παρατηρείται λοιπόν στο χρονικό μοντέλο του ΚΛΕΙΩ, επανάληψη πληροφορίας και πολυπλοκότητα σε ό,τι αφορά την αναζήτηση με βάση το χρόνο. Τέλος αν και δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής διαφορετικών μορφών χρονικής πληροφορίας (ημερομηνία, χρονική διάρκεια, προσέγγιση ημερομηνίας) δεν υπάρχει ομοιόμορφη αντιμετώπιση των μορφών αυτών από το σύστημα. Η αποθήκευσή τους δεν γίνεται με κάποιο κοινό σχήμα, με αποτέλεσμα την δυσλειτουργία του συστήματος σε ότι αφορά την αναζήτηση με βάση τον χρόνο.

3.2 Αντιμετώπιση προβλήματος μέσω χρονικού πρωτογενούς στοιχείου

Η εισαγωγή χρονικού πρωτογενούς στοιχείου ως κλάσης συστήματος στο επίπεδο της Telos, αποτελεί μια καλύτερη προσέγγιση στο πρόβλημα παράστασης της χρονικής πληροφορίας. Με την ύπαρξη χρονικού πρωτογενούς στοιχείου στα χαρακτηριστικά της Telos, εξαλείφονται τα προβλήματα επανάληψης πληροφορίας και πολυπλοκότητας στην ανάκληση και επεξεργασία, που δημιουργούνται με το χρονικό μοντέλο του ΚΛΕΙΩ. Η εισαγωγή χρονικής πληροφορίας είναι απλούστερη αφού δεν απαιτείται η εισαγωγή της στην ιεραρχία των κλάσεων του ΚΛΕΙΩ. Ολες οι εξαρτήσεις που στο ΚΛΕΙΩ δηλώνονται ρητά (ο θάνατος του Αλή Πασά δηλώνεται περίπτωση της κλάσης 19ος αιώνας), εξάγονται αυτόματα με την ύπαρξη πρωτογενούς στοιχείου. Η χρονική πληροφορία παύει να είναι κάτι το λογικό (μια οντότητα) και παριστάνεται με κάτι το αριθμητικό πάνω στο οποίο μπορούν να εφαρμοστούν αριθμητικές πράξεις.

Οπως αναφέρθηκε παραπάνω ο χρόνος αντιμετωπίζεται, σ'αυτή την εργασία, ως η αντιπροσώπευση της εξέλιξης ενός γεγονότος. Για να είναι εφικτή λοιπόν μια σωστή ερμηνεία και υλοποίηση της έννοιας που του αποδίδουμε, πρέπει ο χρόνος να αντιμετωπιστεί σε συνδιασμό με το πως ερμηνεύουμε και πως παριστάνουμε ένα γεγονός.

Παρόλο που κάποια γεγονότα φαίνονται να είναι στιγμιαία,(η εύρεση ενός αγγείου μπορεί να θεωρηθεί στιγμιαία), τέτοια γεγονότα μπορούν να αποσυντεθούν σε μικρότερα, αν τα εξετάσουμε πιο προσεκτικά. Ετσι στην περίπτωση εύρεσης ενός αγγείου, μπορούμε να θεωρήσουμε οτι η πράξη αυτή αποτελείται από τις πράξεις "Αναζήτηση στο μέρος όπου βρέθηκε το αγγείο" και "Συνειδητοποίηση οτι το αγγείο ήταν εκεί". Φαίνεται λοιπόν οτι δεδομένου ενός γεγονότος, μπορούμε πάντοτε να έχουμε μία ανάλυσή του σε απλούστερα γεγονότα και έτσι να το αντιμετωπίσουμε σαν κάτι που έχει εξέλιξη και διάρκεια.

Κατ'αναλογία λοιπόν η χρονική πληροφορία, με την οποία αντιπροσωπεύεται ένα γεγονός, δεν μπορεί να θεωρηθεί κάτι το στιγμιαίο, αλλά κάτι που έχει αρχή, διάρκεια και τέλος και μ'αυτό τον τρόπο να κωδικοποιηθεί με τη μορφή αριθμητικού διαστήματος. Η κωδικοποίηση αυτή δίνει επίσης την δυνατότητα καταγραφής μη πλήρους και ασαφούς γνώσης, αφού μπορούμε απλά να διευρύνουμε τα άκρα του διαστήματος, με το οποίο θα καταγράψουμε την γνώση που υπάρχει, τόσο ώστε να υπερκαλύπτει τα όρια αβεβαιότητας. Το χρονικό πρωτογενές στοιχείο που δημιουργείται λοιπόν, έχει την έννοια του αριθμητικού διαστήματος και μ'αυτή την έννοια εισάγεται στην Telos.

3.3 Χρονικοί τελεστές που χρησιμοποιήθηκαν

Για τον χειρισμό της χρονικής πληροφορίας, και την διεξαγωγή πράξεων δημιουργήθηκε μία σειρά από βασικές-πρωτογενείς ερωτήσεις. Οι ερωτήσεις αυτές είναι απαραίτητες γιατί δίνουν την δυνατότητα πρόσβασης στη χρονική πληροφορία μέσα από προγράμματα εφαρμογών. Οι τελεστές σύγκρισης, πάνω στους οποίους βασίστηκε η δημιουργία των ερωτήσεων, είναι αυτοί που αναφέρονται σε μια σειρά εργασιών του Allen (βλ. [1], [2]).

Η σημασία των τελεστών αυτών φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 2.

ΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΥ ΤΕΛΕΣΤΗ	ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ
X before Y	<	>	XXX YYY
X equal Y	=	=	XXX YYY
X meets Y	m	mi	XXXYYY
X overlaps Y	o	oi	XXXX YYYY
X during Y	d	di	XXX YYYYYYYY
X starts Y	s	si	XXXX YYYYYYY
X finishes Y	f	fi	XXXX YYYYYYY

Σχήμα 2: *Χρονικοί τελεστές.*

4 Επίλυση

4.1 Ρουτίνες χειρισμού χρόνου

Για την εισαγωγή χρονικού πρωτογενούς στοιχείου στην Telos, δημιουργήθηκε μια κλάση που ονομάστηκε **TIME**. Η κλάση αυτή έχει δύο πεδία τα οποία αντιπροσωπεύουν το διάστημα, μέσω του οποίου παριστάται η χρονική πληροφορία.Τα πεδία αυτά είναι οι ακέραιοι:

- **lower** : Το αριστερό άκρο του χρονικού διαστήματος
- **upper** : Το δεξιό άκρο του χρονικού διαστήματος.

Η αποθήκευση της χρονικής πληροφορίας γίνεται με ακρίβεια ημέρας, δηλαδή οποιαδήποτε χρονική πληροφορία, μετατρέπεται σε χρονικό διάστημα στο οποίο τα άκρα του καταγράφονται με διάρκεια ημέρας. Σε κάθε ένα από τα δύο πεδία της κλάσης **TIME** γίνεται αποθήκευση τριών ακεραίων. Του ακεραίου που αντιστοιχεί στο χρόνο, στο μήνα και στην ημέρα του αντίστοιχου άκρου του χρονικού διαστήματος. Η αποθήκευση των ακεραίων αυτών γίνεται σε συγκεκριμένα πεδία των μεταβλητών **lower** και **upper**. Ετσι λοιπόν σε καθεμία από αυτές τις μεταβλητές, τα πέντε bit χαμηλότερης τάξης χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ημέρας (δεν χρειάζονται περισσότερα αφού έχουμε το πολύ τριάντα μία μέρες για κάθε μήνα), τα τέσσερα επόμενα για την αποθήκευση του μήνα (δώδεκα μήνες σε κάθε χρόνο) και τα δεκαπέντε επόμενα για την αποθήκευση του χρόνου (επιτρέπεται δηλαδή πληροφορία για χρονικό διάστημα από 32768 π.Χ. μέχρι και 32768 μ.Χ.).

Η πληροφορία ότι μια χρονολογία είναι π.Χ. ή μ.Χ. αποθηκεύεται στο εικοστό πέμπτο bit. Ετσι αν η χρονική πληροφορία είναι π.Χ. το bit αυτό τίθεται σε ένα, ενώ είναι μηδέν σε διαφορετική περίπτωση.

Η αποθήκευση των αριθμών αυτών σε συγκεκριμένα bits γίνεται με τη χρήση μασκών, ώστε η αποθήκευση να γίνεται πιο γρήγορα και πιο αποδοτικά, χωρίς να υπάρχει περιττή χρήση μνήμης. Η ταχύτητα και η αποδοτική αποθήκευση χρονικών στοιχείων (η μείωση της πολυπλοκότητας χερισμού τους), είναι άλλωστε και ο σκοπός της χρήσης του χρονικού πρωτογενούς στοιχείου.

Στην κλάση **TIME** υπάρχουν μία σειρά από συναρτήσεις χειρισμού της χρονικής πληροφορίας, τόσο σε επίπεδο αποθήκευσής της, όσο και σε επίπεδο διεξαγωγής διαφόρων πράξεων πάνω σε χρονικά στοιχεία, όπως για παράδειγμα πράξεων σύγκρισης. Οι κυριότερες συναρτήσεις της κλάσης **TIME** είναι:

- **TIME::store()** : Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της χρονικής πληροφορίας στα αντίστοιχα πεδία της κλάσης. Εχει πέντε παραμέτρους, τους ακεραίους:
  - **flag** : μπορεί να πάρει μία από τις τιμές *Lower* ή *Upper*, οι οποίες καθορίζουν σε ποιο από τα δύο πεδία της κλάσης **TIME** θα γίνει η αποθήκευση.

-- **year** : παίρνει την τιμή του έτους της χρονολογίας που αποθηκεύουμε.

-- **month** : παίρνει την τιμή του μήνα της χρονολογίας που αποθηκεύουμε.

-- **day** : παίρνει την τιμή της μέρας της χρονολογίας που αποθηκεύουμε.

-- **period** : μπορεί να πάρει μία από τις τιμές *bce* ή *ce*. Η παράμετρος αυτή μεταφέρει την πληροφορία οτι η χρονολογία που αποθηκεύουμε είναι χρονολογία π.Χ. ή μ.Χ. αντίστοιχα.

Η αποθήκευση γίνεται με την εφαρμογή μάσκας. Οι μάσκες που εφαρμόζονται είναι οι:

-- **clear_time** : μηδενίζει ολόκληρο το πεδίο πάνω στο οποίο εφαρμόζεται.

-- **set_day** : μηδενίζει μόνο τα πέντε bit χαμηλότερης τάξης και παράλληλα θέτει σ'αυτά την τιμή της ημεράς της χρονολογίας προς αποθήκευση.

-- **set_month** : ίδια με την **set_day**, μόνο που είναι υπεύθυνη για τον μηδενισμό και την αποθήκευση της τιμής του μήνα.

-- **set_year** : ίδια με τις παραπάνω, υπεύθυνη για τον μηδενισμό και την αποθήκευση της τιμής του έτους.

- **TIME::compare()** : Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται για την γρήγορη εισαγωγή χρονικού στοιχείου σ'ένα ταξινομημένο σύνολο χρονικών στοιχείων. Εχει μία παράμετρο την **tm** που είναι ένας δείκτης σε αντικείμενο τύπου **TIME**. Η σύγκριση εφαρμόζεται ανάμεσα στο στοιχείο που κάλεσε την συνάρτηση και στο στοιχείο στο οποίο δείχνει η τιμή της παραμέτρου **tm**.

  Ο αλγόριθμος σύγκρισης είναι ανάλογος με αυτόν που εφαρμόζεται στην σύγριση αλφαριθμητικών. Αν το αριστερό άκρο του πρώτου στοιχείου είναι μικρότερο του αντίστοιχου άκρου του δεύτερου στοιχείου, τότε το πρώτο χρονικό διάστημα θεωρείται ότι είναι μικρότερο του δευτέρου. Σε ανάλογο συμπέρασμα καταλήγει ο αλγόριθμος σε περίπτωση που το αριστερό άκρο του πρώτου στοιχείου είναι μεγαλύτερο του αντίστοιχου άκρου του δεύτερου στοιχείου. Σε περίπτωση ισότητας των άκρων αυτών συγκρίνονται τα δεξιά άκρα των διαστημάτων. Τα χρονικά διαστήμα θεωρούνται ίσα όταν τα αντίστοιχα άκρα τους, δεξιά και αριστερά, είναι ίσα.

- **TIME::equal()** : Η συνάρτηση αυτή είναι ανάλογη της συνάρτησης **compare** και χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται να αποφασιστεί αν δύο χρονικά στοιχεία είναι ίσα ή άνισα (σε περίπτωση που τα στοιχεία είναι άνισα δεν μας ενδιαφέρει ποιο στοιχείο είναι μεγαλύτερο).

  Είναι γρηγορότερη της **compare** γιατί ελέγχει μόνο για ανισότητα (χωρίς να ελέγχει τη μορφή της).

- **TIME::present()** : Η συνάρτηση αυτή μετατρέπει το αριθμητικό διάστημα, στο οποίο είναι αποθηκευμένη η χρονική πληροφορία, στην χρονολογική

έκφραση, με την οποία η πληροφορία εισήχθη. Η έκφραση που προκύπτει, αποθηκεύεται σε ένα αλφαριθμητικό και αποτελεί την τιμή που επιστρέφει η συνάρτηση.

- **TIME::print()** : Η συνάρτηση αυτή καλεί την **present** και τυπώνει το αποτέλεσμά της.

4.2 Μηχανισμός λεξικογραφικής ανάλυσης χρονολογικών εκφράσεων

Για την εισαγωγή της χρονικής πληροφορίας αναγκαίος είναι ο καθορισμός κάποιων συμβάσεων, όσον αφορά τις χρονολογικές εκφράσεις που θα γίνονται αποδεκτές από το σύστημα χειρισμού του χρόνου. Ο σχεδιασμός του μηχανισμού αναγνώρισης και αποδοχής τέτοιων εκφράσεων (συστήματος λεξικογραφικής ανάλυσης), βασίστηκε στην ανάλυση απαιτήσεων του Μουσείου Μπενάκη (βλ. [7]). Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν σ'αυτή την ανάλυση προέρχονται από το Art and Architecture Thesaurus (βλ. [9]) και τον οδηγό τεκμηρίωσης του Canadian Heritage Information Network (βλ. [9]).

Εκτός από την αναγνώριση και αποδοχή των χρονολογικών εκφράσεων του χρήστη, ο μηχανισμός που αναπτύχθηκε είναι υπεύθυνος για την "αποκωδικοποίηση" της έκφρασης και για την αντιστοίχιση της στο σωστό αριθμητικό διάστημα. Οι εκφράσεις που γίνονται αποδεκτές είναι :

- **Εκφράσεις ημερομηνίας** : Οι εκφράσεις αυτές ακολουθούν την σειρά δήλωσης, Ετος Μηνας Ημερα και μπορούν να δίνονται από το χρήστη με οποιαδήποτε ακρίβεια (μόνο έτος , μόνο έτος και μήνας ή πλήρης ημερομηνία). Επίσης ο μήνας δίνεται ολογράφως δηλαδή Ιανουάριος, Φεβρουάριος κ.ο.κ.. Στην περίπτωση που η ημερομηνία που δίνεται δεν είναι πλήρης (δινεται για παράδειγμα μόνο το έτος) τότε το χρονικό διάστημα που την παριστά είναι το ελάχιστο κλειστό διάστημα που μπορεί να περιέχει πλήρως την ημερομηνία αυτή. Ετσι αν δοθεί μόνο το έτος 1974 τότε το χρονικό διάστημα που το αντιπροσωπεύει είναι το (1974/1/1 , 1974/12/31)

- **Εκφράσεις δεκαετίας** : Οι εκφράσεις αυτές όρίζουν είτε άμεσα την επιθυμητή δεκαετία (για παράδειγμα "δεκαετία του 1970"), είτε έμμεσα ("πρώτη δεκαετία του 19ου αιώνα"). Το χρονικό διάστημα που παριστά μία τέτοια έκφραση είναι, όπως και προηγουμένως, το ελάχιστο κλειστό διάστημα που μπορεί να περιέχει πλήρως την δεκαετία αυτή. Ετσι για την χρονική πληροφορία "δεκαετία του 1970", το χρονικό διάστημα που την παριστά είναι το (1970/1/1 , 1979/12/31). Μόνη εξαίρεση στις απεικονίσεις αυτές είναι η πρώτη δεκαετία μ.Χ. και η πρώτη δεκαετία π.Χ. για τις οποίες το χρονικό διάστημα αρχίζει από το έτος 1 και τελειώνει στο έτος 9 (για την π.Χ. δεκαετία το χρονικό διάστημα αρχίζει από το έτος 9 και τελειώνει στο έτος 1).

- **Εκφράσεις αιώνων** : Οι εκφράσεις ορίζουν άμεσα τον επιθυμητό αιώνα και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα παράστασής τους, καλύπτει όλο τον αιώνα. Στην έκφραση λοιπόν "16ος αιώνας" έχουμε το χρονικό διάστημα (1500/1/1 , 1599/12/31). Και στην δήλωση των αιώνων εξαίρεση στον τρόπο αντιστοίχισης των χρονικών διαστημάτων, αποτελούν ο πρώτος αιώνας π.Χ. και ο πρώτος αιώνας μ.Χ. στους οποίους αντιστοιχίζεται χρονικό διάστημα που ξεκινά από το έτος 1 (τελειώνει στο έτος 1 για τον π.Χ. αιώνα).

- **Εκφράσεις χρονικών περιόδων** : Οι εκφράσεις αυτές ορίζουν άμεσα ή έμμεσα μία χρονική περίοδο.

  Ο άμεσος τρόπος δήλωσης μιας χρονικής περιόδου είναι η δήλωση τόσο της αρχής της όσο και του τέλους της. Η αρχή και το τέλος διαχωρίζονται από μία παύλα και μπορούν να είναι μία οποιαδήποτε από τις παραπάνω χρονολογικές εκφράσεις. Το χρονικό διάστημα που παριστάνει μία έκφραση χρονικής περιόδου είναι το μεγαλύτερο δυνατό, έχει δηλαδή σαν αρχή του το αριστερό άκρο της αρχής της περιόδου και τέλος του, το δεξιό άκρο του τέλους της.
  Ετσι για την έκφραση "16ος αιώνας-δεκαετία του 1970" έχουμε το χρονικό διάστημα παράστασης (1500/1/1 , 1979/12/31).

  Μία χρονική περίοδος μπορεί όμως να δηλωθεί και έμμεσα, όταν μάλιστα τα όρια της περιόδου αυτής δεν είναι σαφή. Μορφές έμμεσης δήλωσης είναι οι εκφράσεις :

  -- "Αρχές/Μέσα/Τέλη του Χου αιώνα" : Η σημασία που αποδίδεται στα προσδιοριστικά [Αρχές/Μέσα/Τέλη] είναι τα επικαλυπτόμενα χρονικά διαστήματα (0/1/1,40/12/31) (30/1/1,70/12/31) και (60/1/1,99/12/31) του αντίστοιχου αιώνα.
  Η έκφραση λοιπόν, "Μέσα του 16ου αιώνα" αντιστοιχίζεται στο χρονικό διάστημα (1530/1/1 , 1570/12/31).

  -- "α'/β' μισό του Χου αιώνα" και "α'/β'/γ'/δ' τέταρτο του Χου αιώνα" : Στις εκφράσεις αυτές αντιστοιχίζονται τα διαστήματα που προσδιορίζονται λεκτικά (στο "α' μισό" αντιστοιχίζεται το πρώτο μισό του αιώνα). Αποφασίστηκε, όπως και παραπάνω, τα διαστήματα παράστασης να είναι επικαλυπτόμενα δηλαδή το "α' μισό του 16ου αιώνα" παριστάνεται από το χρονικό διάστημα (1500/1/1 , 1560/12/31) ενώ το "β' μισό του 16ου αιώνα" παριστάνεται από το χρονικό διάστημα (1540/1/1 , 1599/12/31).

Ολες οι χρονολογικές εκφράσεις που αναφέρθηκαν, χρησιμοποιούνται για τη δήλωση τόσο π.Χ. όσο και μ.Χ. χρονολογιών. Στην περίπτωση δήλωσης π.Χ. χρονολογίας, στο τέλος κάθε έκφρασης προστίθεται το προσδιοριστικό **ΠΧ**. Το προσδιοριστικό **ΜΧ** χρησιμοποιείται μόνο στην περίπτωση άμεσης δήλωσης χρονικής περιόδου, στην οποία η αρχή είναι μια π.Χ. χρονολογία και το τέλος μία χρονολογία μ.Χ..

Τέλος, οι εκφράσεις δηλώνονται μέσα σε αγκύλες (για παράδειγμα, [16ος αιώνας ΠΧ]).

4.3 Ενσωμάτωση χρονικής κλάσης στην Telos

Ο μηχανισμός λεξικογραφικής ανάλυσης χρονολογικών εκφράσεων που αναπτύχθηκε, ενσωματώθηκε στον parser της Telos, με σκοπό οι εκφράσεις αυτές, να αντιμετωπίζονται με τρόπο ανάλογο μ'αυτό που υπάρχει για την αναγνώριση αλφαριθμητικών (επίσης πρωτογενές στοιχείο της Telos).

Η χρονική κλάση **TIME**, ενσωματώθηκε στην κλάση πρωτογενών στοιχείων της Telos, **prs_val**. Σε οποιοδήποτε σημείο, λοιπόν, στον κώδικα της Telos, υπάρχει χειρισμός πρωτογενών στοιχείων, έχει εισαχθεί ανάλογος χειρισμός για το χρονικό πρωτογενές στοιχείο. Λεπτομέρειες υλοποίησης υπάρχουν στο παράρτημα.

4.4 Ενσωμάτωση χρονικών τελεστών στο Application Programming Interface του SIS

Οι πρωτογενείς ερωτήσεις που αναπτύχθηκαν, ενσωματώθηκαν, μαζί με τις υπόλοιπες ερωτήσεις του API. Οι χρονικοί τελεστές αντιμετωπίστηκαν με τρόπο ανάλογο μ'αυτό των τελεστών σύγκρισης ακεραίων τιμών (EQ, GT, LT, κτλ), οι οποίοι υπάρχουν στις ερώτησεις που θέτουν περιορισμούς τιμών (set value condition). Λεπτομέρειες υλοποίησης τους υπάρχουν επίσης στο παράρτημα.

4.5 Απεικόνιση χρονικού στοιχείου μέσω επαφής χρήσης του SIS

Για να είναι εφικτή η γραφική απεικόνιση των χρονικών στοιχείων, χρειάστηκε η εισαγωγή του χρονικού στοιχείου και στο user interface (ui).

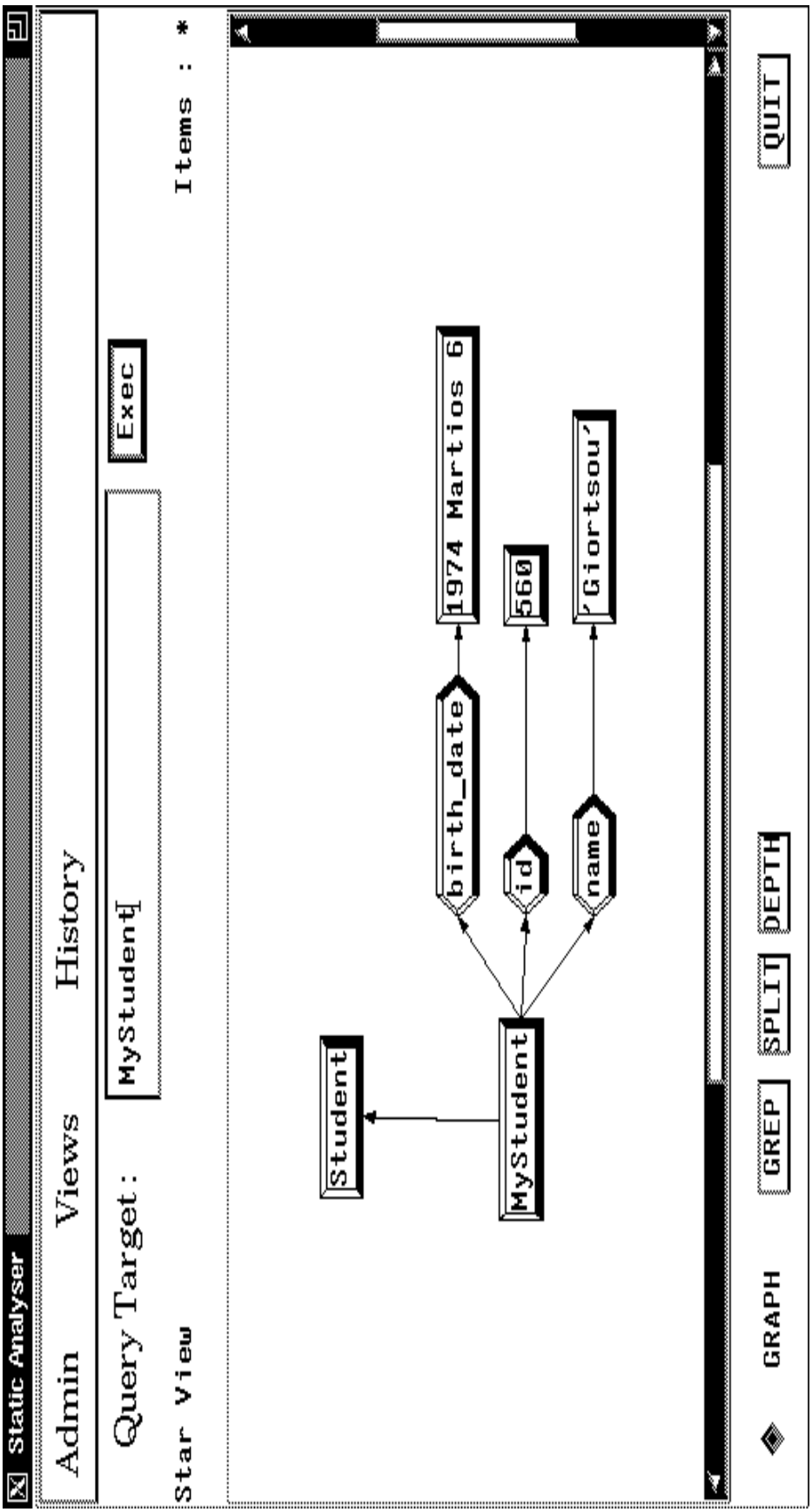
Εστω ότι υπάρχει δηλωμένο το εξής σχήμα σε γλώσσα Telos :

```
RETELL Individual Student in S_Class with
attribute
    name : Telos_String;
    id : Telos_Integer;
    birth_date : Telos_Time
end

RETELL Individual MyStudent in Token , Student
with name
    : "Giortsou"
with id
    : 560
with birth_date
```

: [1974 Martios 6]
end

Η γραφική απεικόνισή του στο ui είναι αυτή που φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3: Απεικόνιση χρονικού στοιχείου μέσω GAIN.

5 Εργαλεία

Η εργασία αυτή υλοποιήθηκε στο λειτουργικό σύστημα UNIX 4.3 BSD.

Για την ανάπτυξη του λεξικογραφικού αναλυτή χρησιμοποιήθηκε ο flex (fast lexical analyzer generator).

Η γλώσσα προγραμματισμού είναι C++.

6 Επίλογος

6.1 Συμπεράσματα

Περιγράψαμε ένα σύστημα παράστασης χρονικής γνώσης, που χρησιμοποιεί χρονικά (αριθμητικά) διαστήματα. Το σύστημα αυτό είναι εκφραστικό. Η μέθοδος αποθήκευσης και χειρισμού χρονικής πληροφορίας δίνει την δυνατότητα αποτελεσματικής έκφρασης της χρονικής πληροφορίας, αυτόματης συνεπαγωγής χρονικών εξαρτήσεων και δημιουργίας ιεραρχιών. Η προσέγγιση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν η χρονική πληροφορία είναι αόριστη και σχετική και η ακριβής χρονολόγηση είναι αδύνατη.

6.2 Επεκτάσεις

Υπάρχουν πολλές περιοχές στις οποίες το σύστημα θα μπορούσε να επεκταθεί. Σε μελλοντική επέκτασή του, μπορούν να υποστηριχθούν πιο σύνθετες μορφές ερωτήσεων που μπορούν να προκύψουν από τους απλούς χρονικούς τελεστές που ήδη χρησιμοποιήθηκαν. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να υλοποιηθούν ερωτήσεις η οποίες να μπορούν να θέτουν περιορισμούς ακεραιότητας (integrity constrains) που αφορούν τα χρονικά στοιχεία (π.χ. η ημερομηνία γέννησης ενός συγγραφέα δεν μπορεί να έπεται της ημερομηνίας έκδοσης ενός βιβλίου του).

Επίσης μπορεί να υλοποιηθεί ένας μηχανισμός υποστήριξης σχετικών εκφράσεων. Τέτοιες είναι οι εκφράσεις που δίνουν τη δυνατότητα καταγραφής πληροφορίας, στην οποία υπάρχει γνώση για την σχέση που συνδέει κάποια γεγονότα (το γεγονός X συνέβη μετά το γεγονός Y), αλλά δεν υπάρχει γνώση για την ακριβή θέση τους μέσα στο χρόνο.

Η εργασία αυτή θα μπορούσε να υλοποιηθεί και για την υποστήριξη και τεκμηρίωση χωρο-χρονικής γνώσης. Η ύπαρξη ενός τέτοιου συστήματος, σε ένα συνολικό σύστημα πολιτισμικής τεκμηρίωσης, θα ήταν ιδιαίτερα σημαντική για τη εξαγωγή συμπερασμάτων πάνω σε πληροφορία σύνθετη, (όπως για παράδειγμα η εύρεση ενός αγγείου συγκεκριμένης τεχνοτροπίας, σε συγκεκριμένο γεωγραφικό χώρο, μας βοηθάει να προσδιορίσουμε τον πολιτισμό στον οποίο ανήκει).

7 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Λεπτομέρειες υλοποίησης

7.1 Προσθήκες στον κώδικα της Telos

Στον κώδικα της Telos έχουν προστεθεί δύο ακόμη αρχεία, τόσο στα include όσο και στα source αρχεία. Τα καινούρια αρχεία είναι :

- Τα αρχεία *time.h* και *time.C* αντίστοιχα. Στα αρχεία αυτά υπάρχει η δήλωση της χρονικής κλάσης και ο κώδικας για τις ρουτίνες χειρισμού της.
- Τα αρχεία *time_functions.h* και *time_functions.C*. Στα αρχεία αυτά υπάρχουν ενδιάμεσες, βοηθητικές ρουτίνες, που χρησιμοποιούνται στον parser για την ανάλυση των χρονολογικών εκφράσεων και τον προσδιορισμό του ακριβούς χρονικού διαστήματος στο οποίο αντιστοιχεί η έκφραση αυτή.

Σε συνδυασμό με την εισαγωγή των αρχείων αυτών έγιναν και κάποιες αλλαγές στα ήδη υπάρχοντα αρχεία, έτσι ώστε να γίνει η ενσωμάτωση του χρονικού στοιχείου στην Telos. Οι αλλαγές που έγιναν στον κώδικα της Telos είναι οι ακόλουθες:

- Στο αρχείο built_defs.h όπου δηλώνονται όλες οι κλάσεις του συστήματος (system classes) και όπου δεσμεύεται η απαραίτητη μνήμη για τα αντικείμενα αυτά, έχει προστεθεί και η δήλωση για την χρονική κλάση:
  static sys_class tic(O_S_CLASS_NODE,SYSID(TIME_CLASS_ID));
  Επίσης η δήλωση της χρονικής κλάσης έχει προστεθεί και στον πίνακα builtin[] που διατηρεί τα system classes:
  {"Time",&tic,0}
- Η ίδιες δηλώσεις με τις παραπάνω έγιναν και στον constructor της κλάσης *start_telos* στο αρχείο *initial.h*:
  static sys_class tic(O_S_CLASS_NODE,SYSID(TIME_CLASS_ID));
  builtin[28].ln = "Telos_Time";
  builtin[28].cop = &tic;
  builtin[28].clid = 0;
- Στα αρχεία *lex_code.h* και *lex_code.C* έχει προστεθεί η ρουτίνα *void add_time(TIME tm)* η οποία είναι ανάλογη των *add_integer*, *add_string* και *add_real*. Η συνάρτηση αυτή είναι υπεύθυνη για την εισαγωγή ενός χρονικού στοιχείου στον πίνακα list[] στον οποίο αποθηκεύονται όλα τα πρωτογενή στοιχεία (primitives) που συναντώνται κατά την διάρκεια του parsing.
- Στα αρχεία *set.h* και *set.C* είναι δηλωμένη η κλάση *SET* και οι συναρτήσεις χειρισμού της. Στην κλάση *SET* έχει προστεθεί ένα πεδίο *TIME *time* που δίνει τη δυνατότητα ύπαρξης χρονικών στοιχείων σε ένα σύνολο. Επίσης έχει προστεθεί και ένα πεδίο *card_t* που κρατάει πληροφορία για τον αριθμό τον χρονικών στοιχείων στο σύνολο. Τέλος έχουν προστεθεί συναρτήσεις χειρισμού χρονικών στοιχείων, όταν αυτά συναντώνται σε σύνολα.

Οι συναρτήσεις αυτές είναι:

-- *int set_put(TIME val)* .Προσθέτει ένα χρονικό στοιχείο σε ένα σύνολο.

-- *int set_del(TIME val)* . Σβήνει ένα χρονικό στοιχείο από ένα σύνολο.

-- *int set_member_of(TIME val)*. Ελέγχει αν το χρονικό στοιχείο val ανήκει στο σύνολο.

Η υλοποίση όλων των παραπάνω συναρτήσεων είναι ανάλογη με την υλοποίηση των συναρτήσεων χειρισμού των υπολοίπων πρωτογενών στοιχείων της Telos (string, integer, real).

- Στο αρχείο *telos_types.h* είναι δηλωμένη η κλάση πρωτογενών στοιχείων *prs_val*. Στην κλάση αυτή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ενσωματώθηκε η χρονική κλάση **TIME**.

7.2 Προσθήκες στον κώδικα του pqi

Για να είναι δυνατή η πρόσβαση στα αποθηκευμένα χρονικά στοιχεία, τόσο μέσα από προγράμματα εφαρμογών, όσο και μέσα από τα υπόλοιπα επίπεδα του sis (answerer, ui, bqp), ενσωματώθηκε η χρονική κλάση και στον κώδικα του pqi. Μερικές από τις πιο βασικές αλλαγές στον κώδικα του pqi είναι:

- Στο αρχείο *client_serv.h* στην δομή *cm_value* προστέθηκε ακόμη ένα πεδίο, το *TIME t* που αναφέρεται στην χρονική κλάση. Επίσης δημιουργήθηκαν οι συναρτήσεις *void send_tm(TIME)* και *void recv_tm(TIME *)* οι οποίες είναι υπεύθυνες για την μεταφορά ενός χρονικού στοιχείου μέσα από ένα pipe (εισαγωγή και πρόσληψη). Οι συναρτήσεις αυτές είναι ανάλογες των *send_int*, *send_str*, *send_flt* και *recv_int*, *recv_str*, *recv_flt* αντίστοιχα, που είναι υπεύθυνες για την μεταφορά των υπόλοιπων πρωταρχικών στοιχείων μέσα από pipe. Ο κώδικας για τις συναρτήσεις αυτές βρίσκεται στο αρχείο *q_comm.C*.

- Στο αρχείο *pqi.C* προστέθηκαν οι συναρτήσεις *BEFORE, AFTER, EQUAL, MEETS, MET_BY, OVERLAPS, OVERLAPPED_BY, DURING, CONTAINS, STARTS, STARTED_BY, FINISHES, FINISHED_BY* που είναι υπεύθυνες για τον χειρισμό των αντίστοιχων χρονικών τελεστών.

- Στο αρχείο *q_expstack.C* στη συνάρτηση *expression_stack::evaluate*, έχει προστεθεί κώδικας για την εφαρμογή των χρονικών τελεστών μεταξύ χρονικών στοιχείων. Δεδομένων, δηλαδή, δύο χρονικών στοιχείων και ενός χρονικού τελεστή, ο κώδικας υπολογίζει κατα πόσο η συνθήκη του τελεστή είναι αληθής ή ψευδής για τα στοιχεία αυτά.

7.3 Προσθήκες στον κώδικα του ui

Για την απεικόνιση του χρονικού στοιχείου μέσα από το grafical analysis interface (gain), έγιναν οι εξής προσθήκες στον κώδικα του user interface (ui):

- Στο αρχείο *getFunctions.C*, στις συναρτήσεις *getFunctionsClass::getFullLink* και *getFunctionsClass::getHiddenLinks*, οι οποίες βρίσκουν ζεύγη αντικειμένων που συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο σύνδεσμο, προστέθηκε κώδικας για την περίπτωση που τα αντικείμενα αυτά είναι χρονικά πρωτογενή στοιχεία.

- Στο αρχείο *misc.C* στη συνάρτηση *cmv_to_string*, η οποία μετατρέπει ένα cm_value (δομή που αντιπροσωπεύει τα primitives στο pqi) σε αλφαριθμητικό, προστέθηκε σχετική λειτουργία και για το χρονικό στοιχείο:

  *case TYPE_TIME : to = (char *)malloc(TIME_SIZE);*
  strcpy(to, ($val \rightarrow value.t$).present());
  return to;

- Στο αρχείο *tdisplay.C* στη συνάρτηση *TextDisplayClass::AllocateListElement* υπάρχει κώδικας χειρισμού πρωταρχικών στοιχείων. Στο κομμάτι αυτό προστέθηκε ανάλογος κώδικας για το χρονικό στοιχείο:

  case TYPE_TIME : $NewListElement \rightarrow IsPrimitive$ = 1;
  sprintf(primitive, "%s", ($cmv \rightarrow value.t$).present());
  $NewListElement \rightarrow ShortName$ = ($cmv \rightarrow value.t$).present();
  break;

7.4 Προσθήκες στον κώδικα του bqp

Στο αρχείο *qp.C* στην συνάρτηση *GenQueryAnswer::addLinks*, που είναι υπευθυνη για την εμφάνιση των συνδέσμων (links) σε πρωτογενή στοιχεία, προστέθηκε για το χρονικό στοιχείο κώδικας ανάλογος μ'αυτόν που χειρίζεται τους υπόλοιπους πρωτογενείς τύπους.

8 Βιβλιογραφία

[1] Allen J.F., Maintaining Knowledge about temporal intervals, Comm. ACM 26 (1983) pp.832-843.

[2] Allen J.F., Towards a General Theory of Action and Time, Artificial Intelligence 23 (1984) pp.123-154

[3] Christoforaki M., Constantopoulos P., Doerr M., Modelling occurences in cultural documentation, (to be published) 3rd International Symposium on Computing and Archaeology, Rome November 1995.

[4] Constantopoulos P., Doerr M., The Semantic Index System - A brief presentation. Institute of Computer Science, FORTH, May 1993

[5] Koubarakis M., Mylopoulos J., Stanley M. and Borgida A., Telos: Features and Formalization, Tech. Rep. KRR-TR-89-4, Dept. of Computer Science, University of Toronto, (1989) p.19-21

[6] Κωνσταντόπουλος Π., Πολιτισμική τεκμηρίωση: Το σύστημα ΚΛΕΙΩ, Πανεπιστήμιο Κρήτης και Ιδρυμα Τεχνολογίας και Ερευνας

[7] Μέντη Ν., Διεθνή πρότυπα δήλωσης χρόνου για τη δημιουργία ενός πρωτογενούς τύπου παράστασης χρόνου στο ΜΙΤΟΣ/CLIO, Μουσείο Μπενάκη, ΠΟΛΕΜΩΝ.ΜΜ.95.ΚΕ#9

[8] Mylopoulos J., Borgida A., Stanley M., and Koubarakis M., Telos: Representing Knowledge about information systems, ACM Trans. on Information Systems, 8/4, October 1990, p.331-332

[9] Petersen T. and Barnett J. P.(editors), Guide to Indexing and Cataloging Art and Architecture Thesaurus, Oxford University Press, 1994, p.47-50

[10] Schubert L. K., Papalaskaris M. A., Taugher J. Determining Type, Part, Color, and Time Relationships,IEEE , October 1983

[11] Χριστοφοράκη Μ., Τεκμηρίωση πολιτιστικών αγαθών με το σύστημα ΚΛΕΙΩ, Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Φεβρουάριος 1994, (σελ. 41-43)