



A DISTRIBUTED SYSTEM FOR MANAGING AND DIFFUSING ENVIRONMENTAL INFORMATION

I. N. Athanasiadis and P. A. Mitkas

Intelligent Systems and Software Engineering Laboratory, Informatics and Telematics Institute, CERTH, GR570 01 Thessaloniki, Greece.
Electrical and Computer Engineering Dept, Aristotle University of Thessaloniki, GR541 24 Thessaloniki, Greece.

KEYWORDS: Environmental management systems, Environmental informatics, Methods and techniques for environmental monitoring, Environmental information management and diffusion, Ambient air quality assessment and reporting, Weather conditions monitoring, Efficient radar management, Environmental informatics

ABSTRACT:

In an effort to support Environmental Monitoring and Surveillance Centers (EMSC) to fuse, manage and diffuse environmental data in a more efficient manner, we developed a distributed system for managing and diffusing environmental information. The developed system, called AISLE, is an adaptive, intelligent tool for supporting advanced information management services. Its main characteristic is the provision of decision support and information diffusion abilities through electronic services to several users with diverse needs. Specifically, software agents are in charge of integrating and managing environmental data recorded by field sensors or other monitoring devices, along with their diffusion to a wide range of end-user applications, such as environmental databases, terminal applications, or public information services over the internet. The system has been demonstrated in two pilot cases. In the first case, AISLE has been applied for assessing and reporting ambient air quality in Valencia, Spain. In the second case, AISLE was used for monitoring weather conditions in Cyprus.

ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

I. N. Αθανασιάδης και Π. Α. Μήτκας

Εργαστήριο Ευφών Συστημάτων και Τεχνολογίας Λογισμικού, Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεματικής, ΕΚΕΤΑ, 570 01 Θεσσαλονίκη και
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24 Θεσσαλονίκη

KEYWORDS: Σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης, Περιβαλλοντική πληροφορική, Μέθοδοι και Τεχνικές Παρατήρησης και Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος, Διαχείριση και διάχυση περιβαλλοντικής πληροφορίας, συστήματα πολλών πρακτόρων λογισμικού, Παρακολούθηση της Ποιότητας της Ατμόσφαιρας, Παρακολούθηση των Κλιματολογικών Συνθηκών, Διαχείριση δεδομένων ραντάρ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Σε μια προσπάθεια υποστήριξης των Κέντρων Παρατήρησης και Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος (ΚΠΠΠ) να συγκεντρώσουν, διαχειριστούν και διαχύσουν τα περιβαλλοντικά δεδομένα πιο αποδοτικά αναπτύχθηκε ένα κατανεμημένο σύστημα διαχείρισης και διάχυσης περιβαλλοντικής πληροφορίας. Το σύστημα, που ονομάζεται AISLE, αποτελεί ένα προσαρμόσιμο, ευφές εργαλείο υποστήριξης προηγμένων υπηρεσιών διαχείρισης πληροφορίας. Συγκεκριμένα, το σύστημα εγκαθίσταται επί ενός δικτύου αισθητήρων και επεξεργάζεται τα πρωτογενή δεδομένα κατάλληλα, ώστε να παρέχει στους χρήστες του επεξεργασμένη πληροφορία. Κύριο χαρακτηριστικό του AISLE είναι η ενσωμάτωση ικανοτήτων υποστήριξης αποφάσεων και διανομής πληροφορίας μέσω ηλεκτρονικών υπηρεσιών σε πολλούς και διαφορετικούς χρήστες. Το AISLE έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας αυτόνομους πράκτορες λογισμικού. Οι πράκτορες αναλαμβάνουν την συγκέντρωση των δεδομένων από τους αισθητήρες, την επεξεργασία των δεδομένων και την διάχυσή τους στις εφαρμογές τελικού χρήστη, που κατά περίπτωση περιλαμβάνουν βάσεις δεδομένων, τερματικές εφαρμογές ή διαδικτυακές υπηρεσίες ενημέρωσης του κοινού. Το σύστημα εγκαταστάθηκε πιλοτικά σε δύο πεδία εφαρμογής. Το πρώτο πεδίο εφαρμογής αφορά την Παρακολούθηση της Ποιότητας της Ατμόσφαιρας στην περιοχή της Βαλένθια, Ισπανία. Το δεύτερο πεδίο εφαρμογής αφορά την Παρακολούθηση των Κλιματολογικών Συνθηκών στη Κύπρο.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα **Πληροφοριακά Συστήματα για το Περιβάλλον** (Environmental Information Systems) είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για εκείνα τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, την αποθήκευση και πρόσβαση στα δεδομένα, την περιγραφή και την απόκριση σε φυσικές καταστροφές, την αναφορά των περιβαλλοντικών συνθηκών, τον σχεδιασμό, την προσομοίωση, την μοντελοποίηση και την λήψη αποφάσεων για το περιβάλλον. Καθώς οι ανάγκες των συστημάτων αυτών για ακριβή πληροφορία αυξάνονται, αναδύεται και η ανάγκη να ενσωματώσουν προηγμένα ευφυή χαρακτηριστικά. Σε αυτό το υπόβαθρο, εναπόκειται στις τεχνικές και τις μεθόδους της τεχνολογίας των υπολογιστών να ικανοποιήσουν τις ανάγκες αυτές. Η *περιβαλλοντική πληροφορική* (environmental informatics) σύμφωνα με την IFIP, είναι η ερευνητική πρωτοβουλία που εξετάζει την εφαρμογή των τεχνολογιών πληροφορικής στην περιβαλλοντική έρευνα, παρακολούθηση, αποτίμηση, διαχείριση και χάραξη πολιτικής [1].

Τα **Κέντρα Παρατήρησης και Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος** (environmental monitoring and surveillance centers) έχουν εγκατασταθεί σε περιοχές με πιθανά προβλήματα μόλυνσης ή υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος με σκοπό την παρατήρηση και την καταγραφή των συνθηκών που επικρατούν. Έκτοτε, μέσω των δικτύων αισθητήρων ή άλλων οργάνων παρακολούθησης που ανέπτυξαν, έχουν καταγράψει τεράστιες ποσότητες πρωτογενών δεδομένων, ενώ πληροφοριακά συστήματα που λέγονται **Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης-Αναγνώρισης** (ΣΠΔ-Α) έχουν αναλάβει την ολοκλήρωση των καταγεγραμμένων δεδομένων. Μια τυπική διάταξη ενός ΣΠΔ-Α αναλαμβάνει τη σύντηξη όλων των περιβαλλοντικών δεδομένων, τα οποία καταγράφονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες από ένα δίκτυο αισθητήρων, σε μια κοινή βάση δεδομένων [2]. Η συνήθης πρακτική είναι ότι τα δεδομένα που καταγράφονται από τα ΣΠΔ-Α προορίζονται κατά κύριο λόγο για τους επιστήμονες του περιβάλλοντος και τις μακροχρόνιες μελέτες τους για την σπουδή των φυσικών φαινομένων.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια τα ΣΠΔ-Α διανύουν μια μεταβατική περίοδο. Ως συνέπεια του διαρκώς αυξανόμενου ενδιαφέροντος της κοινωνίας για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη, ανέκυψε η ανάγκη για την ενημέρωση του κοινού και την δημόσια διάθεση της περιβαλλοντικής πληροφορίας. Το ευρύ κοινό, οι μη κυβερνητικές οργανώσεις, η βιομηχανία, η τοπική αυτοδιοίκηση και η κεντρική κυβέρνηση επιζητούν την πρόσβαση σε δεδομένα περιβαλλοντικής πληροφορίας. Η πρόκληση για τα ΣΠΔ-Α είναι να ανταποκριθούν στις αυξημένες ανάγκες των "νέων χρηστών" τους. Είναι κοινά παραδεκτό ότι οι διάφοροι φορείς (stakeholders) που εμπλέκονται στα περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν συνήθως διαφορετικές ερμηνείες των περιβαλλοντικών αξιών, πράγμα που διαφοροποιεί τις απαιτήσεις τους σε δεδομένα. Παρότι όμως έχουν διαφορετικές ανάγκες, όλοι οι χρήστες συμφωνούν σε μια ελάχιστη απαίτηση: *την πρόσβαση σε έγκαιρα και αξιόπιστα περιβαλλοντικά δεδομένα*. Η αναγνώριση, άλλωστε, των περιβαλλοντικών επεισοδίων εν τη γενέσει τους επηρεάζει την έγκαιρη απόκριση όλων των εμπλεκόμενων μερών και την αποτελεσματικότητα των μέτρων αναχαίτισης.

Καθίσταται λοιπόν σαφές, ότι ο αριθμός των εγκαταστάσεων των δικτύων παρατήρησης του περιβάλλοντος αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς, προσελκύνοντας ολοένα και περισσότερους δυνητικούς χρήστες, που επιθυμούν να έχουν πρόσβαση στα καταγεγραμμένα περιβαλλοντικά δεδομένα για διαφορετικούς σκοπούς ο καθένας. Για το λόγο αυτό, η παροχή υποστηρικτικών υπηρεσιών ενορχήστρωσης των δικτύων, διαχείρισης, προεπεξεργασίας και διάχυσης των δεδομένων αναδύεται ως μια ενδιαφέρουσα περιοχή της περιβαλλοντικής πληροφορικής.

Μηχανισμοί και εφαρμογές που υποστηρίζουν την σύντηξη δεδομένων με αξιόπιστο τρόπο είναι απαραίτητο να λειτουργούν παράλληλα με τα δίκτυα καταγραφής. Ωστόσο πρέπει να υπογραμμιστεί ότι τα δίκτυα παρακολούθησης του περιβάλλοντος αποτελούν ένα αφιλόξενο περιβάλλον για την εγκατάσταση εφαρμογών λογισμικού, εξαιτίας των μειονεκτημάτων των καταγραφικών οργάνων και των αισθητήρων. Η περιορισμένη υπολογιστική τους ισχύς σε συνδυασμό με την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας που υπάρχει πολλές φορές, αποστερεί από τα δίκτυα αισθητήρων την ικανότητα εγκατάστασης ισχυρών εφαρμογών λογισμικού υψηλού επιπέδου. Ακόμη, διαφαίνεται ότι τα πληροφοριακά συστήματα των κατανεμημένων δικτύων αισθητήρων μικρού μεγέθους που προσαρτούν υπολογιστικούς κόμβους θα είναι στο μέλλον απαραίτητο να αποτιμούν την πληροφορία με διαφορετικούς στόχους [3].

2. ΕΝΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

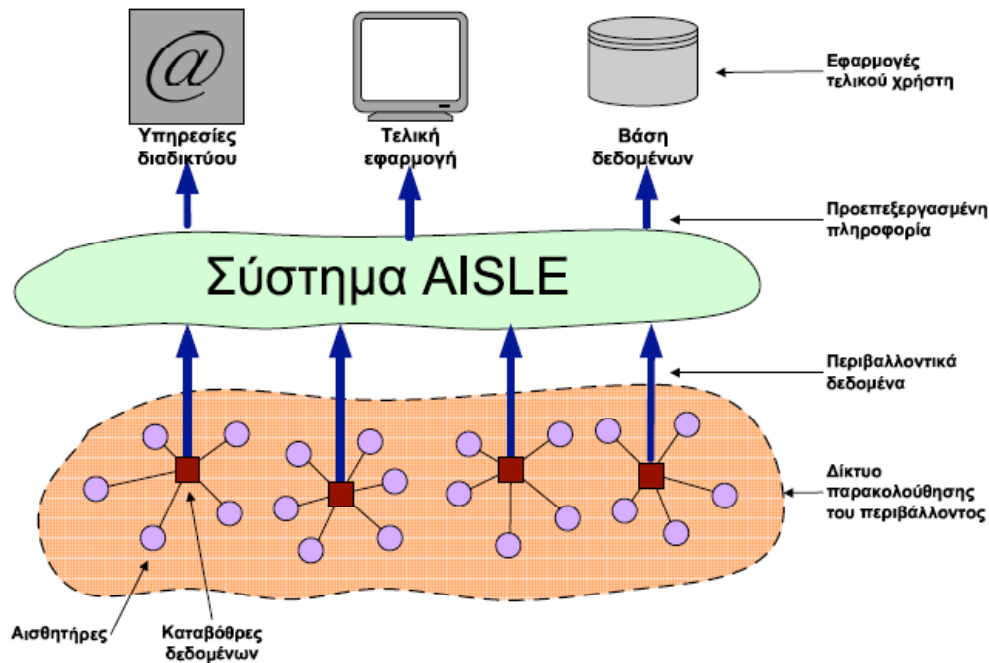
2.1 Στόχοι του συστήματος

Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύξαμε το AISLE (Adaptive Intelligent Support LayEr), ένα προσαρμόσιμο ευφύες σύστημα παροχής υποστηρικτικών υπηρεσιών διαχείρισης και διάχυσης περιβαλλοντικής πληροφορίας. Το AISLE διαμεσολαβεί ανάμεσα στα δίκτυα παρακολούθησης του περιβάλλοντος και τους τελικούς χρήστες των δεδομένων που παράγουν τα πρώτα, έχοντας δύο αντικειμενικούς σκοπούς. Πρώτον, να επεκτείνει τις ικανότητες των δικτύων παρακολούθησης του περιβάλλοντος, αναγνωρίζοντας και πιθανώς αντιμετωπίζοντας κοινά προβλήματα που τείνουν να υποβαθμίζουν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Συνήθη είναι περιστατικά, όπως η κακή λειτουργία ή η βλάβη των αισθητήρων, ο θόρυβος ή η πόλωση των δεδομένων, τα οποία οδηγούν σε μειωμένη αξιοπιστία της παρεχόμενης πληροφορίας. Στο επίπεδο αυτό, στόχος του AISLE είναι να συνεισφέρει στη βελτίωση της αξιοπιστίας και της ευστάθειας των δικτύων παρακολούθησης του περιβάλλοντος. Δεύτερος αντικειμενικός στόχος είναι να παρέχει την κατάλληλη υποδομή στα δίκτυα παρακολούθησης του περιβάλλοντος να ενσωματώσουν προηγμένες υπηρεσίες, που περιλαμβάνουν την προεπεξεργασία και διαχείριση δεδομένων, υπηρεσίες υποστήριξης αποφάσεων και διάχυσης της πληροφορίας σε πολλούς παραλήπτες. Για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του AISLE ακολουθήσαμε μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία ανάπτυξης συστημάτων πολλών πρακτόρων για εφαρμογές περιβαλλοντικής πληροφορικής [4].

2.2 Γενική περιγραφή του AISLE

Το AISLE παρεμβάλλεται ανάμεσα σε ένα δίκτυο περιβαλλοντικής παρακολούθησης και τις εφαρμογές τελικού χρήστη. Μια γενική τοπολογία του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Το AISLE τοποθετείται επί ενός δικτύου παρακολούθησης του περιβάλλοντος, συνυφαίνει πολλαπλές ροές δεδομένων (data streams) και παρέχει στις τελικές εφαρμογές χρήστη προεπεξεργασμένη, έτοιμη προς χρήση πληροφορία (information). Οι αισθητήρες του δικτύου, πιθανώς συνδεδεμένοι μεταξύ τους, λειτουργούν ως πηγές δεδομένων που δρομολογούν τα περιβαλλοντικά δεδομένα προς τρίτες, εξωτερικές εφαρμογές μέσω των καταβόθρων δεδομένων (data sinks). Γενικά, η διαδικασία αυτή μπορεί να διαφοροποιείται για κάθε περίπτωση εγκατάστασης, ωστόσο, χωρίς βλάβη της γενικότητας, με τον όρο ροές δεδομένων περιγράφουμε τα περιβαλλοντικά δεδομένα που καταγράφονται από ένα δίκτυο παρακολούθησης του περιβάλλοντος. Οι ροές δεδομένων είναι οι είσοδοι της αρχιτεκτονικής AISLE και κληρονομούν τα τυπικά χαρακτηριστικά των δικτύων παρακολούθησης του περιβάλλοντος, όπως η περιορισμένη αξιοπιστία, η φτώχη σημασιολογική περιγραφή και ο πλεονασμός των δεδομένων (data redundancy). Για τους λόγους αυτούς, τα καταγεγραμμένα δεδομένα είναι συνήθως ασύμβατα με την πλειοψηφία των τελικών εφαρμογών χρήστη. Οι τελικές εφαρμογές χρήστη τοποθετούνται στην έξοδο του AISLE και μπορεί να είναι βάσεις δεδομένων, ειδικές εφαρμογές λογισμικού ακόμη και υπηρεσίες διαδικτύου. Σε ένα τέτοιο

περιβάλλον, τοποθετείται το AISLE για να λειτουργεί ως ένα ενδιάμεσο επίπεδο επεξεργασίας πληροφορίας που υποστηρίζει την σύντηξη δεδομένων και την διασπορά περιβαλλοντικής πληροφορίας.



Σχήμα 1: Η τοπολογία του AISLE

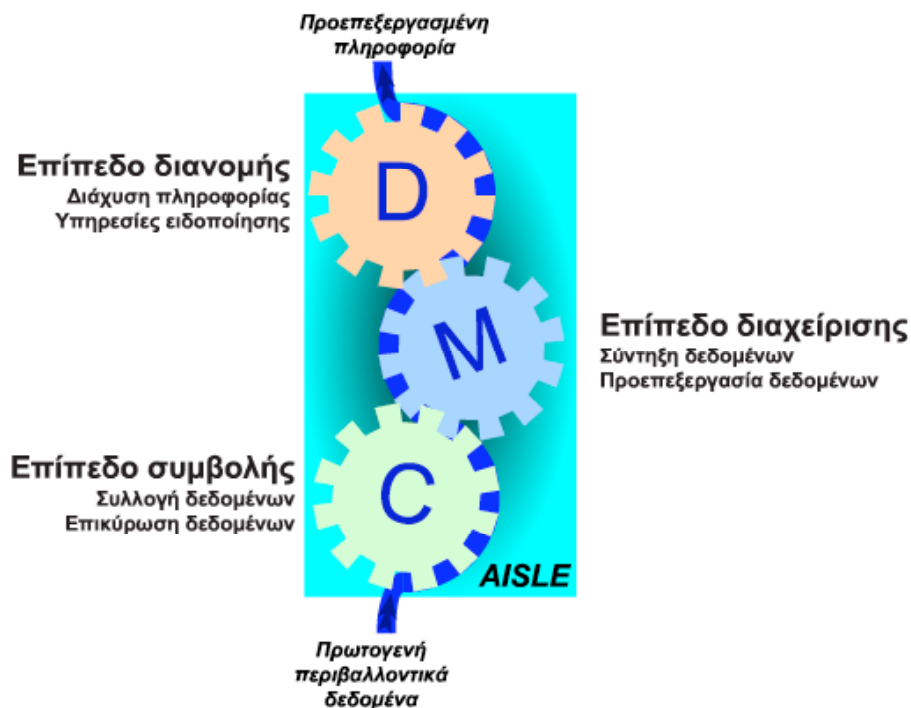
Οι κύριες λειτουργίες του AISLE είναι οι ακόλουθες:

1. **Συλλογή και επικύρωση δεδομένων.** Το AISLE έχει την ικανότητα να συγκεντρώνει και να επικυρώνει τις ροές περιβαλλοντικών δεδομένων ενός δικτύου παρακολούθησης.
2. **Υποκατάσταση ή εκτίμηση ελλিপών ή εσφαλμένων μετρήσεων** (όποτε κάτι τέτοιο απαιτείται από τις τελικές εφαρμογές χρήστη). Συγκεκριμένες εφαρμογές δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν αυτόματα στο ενδεχόμενο έλλειψης δεδομένων. Για το λόγο αυτό το AISLE μπορεί να υποκαταστήσει ή να παρέχει μια εκτίμηση των ελλειπων μετρήσεων μέσω των χαρακτηριστικών του για λογικό συμπέρασμα.
3. **Διαχείριση δεδομένων και προεπεξεργασία.** Το AISLE υποστηρίζει υπηρεσίες καθαρισμού, κανονικοποίησης ή μετατροπής/μετασχηματισμού δεδομένων.
4. **Ενορχήστρωση δικτύου.** Τα δίκτυα παρακολούθησης του περιβάλλοντος υπόκεινται σε αλλαγές στην τοπολογία τους (προσθαφαίρεση αισθητήρων-ροών δεδομένων). Το AISLE είναι συμβατό με τέτοιες ενέργειες και μπορεί να προσαρμόζεται σε αυτές.
5. **Διάδοση πληροφορίας.** Οι ροές δεδομένων που εισάγονται στο AISLE αφού προεπεξεργαστούν κατάλληλα, συνδυάζονται μεταξύ τους και προωθούνται στον τελικό προορισμό τους.

2.3 Ο μηχανισμός λειτουργίας του AISLE

Για να υλοποιήσουμε τον εσωτερικό μηχανισμό λειτουργίας του AISLE ομαδοποιήσαμε τις λειτουργίες του σε τρία διακριτά, ωστόσο συνεργαζόμενα επίπεδα υπηρεσιών. Το **επίπεδο συνεισφοράς δεδομένων**, που είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες συλλογής και επικύρωσης δεδομένων, μαζί με την υποκατάσταση ή την εκτίμηση ελλিপών ή εσφαλμένων μετρήσεων. Το **επίπεδο διαχείρισης δεδομένων**, όπου έμφαση δίνεται στις υπηρεσίες διαχείρισης και

προεπεξεργασίας δεδομένων. Τέλος, το **επίπεδο διανομής δεδομένων** παρέχει τις απαραίτητες διεπαφές με τις τελικές εφαρμογές χρήστη. Ο μηχανισμός του AISLE, ως συνέργια των τριών επιπέδων παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Η πρωτογενής πληροφορία με τη μορφή των ροών περιβαλλοντικής πληροφορίας εισάγεται στο AISLE και διατρέχει τα τρία επίπεδα που είναι ιεραρχικά τοποθετημένα. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η διάθεση προεπεξεργασμένης πληροφορίας προσαρμοσμένης στις απαιτήσεις των τελικών χρηστών.



Σχήμα 2. Ο μηχανισμός του AISLE, ως συνέργια τριών συνεργαζόμενων ομάδων λειτουργιών

2.4 Μια γενική αρχιτεκτονική πολλών πρακτόρων για το AISLE

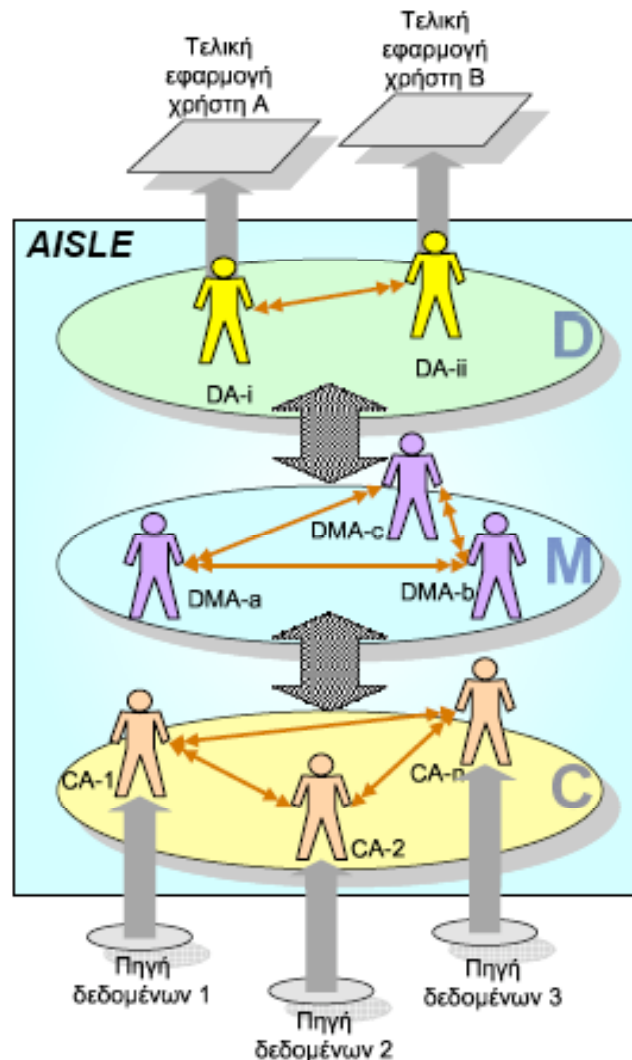
Οι στόχοι του συστήματος και οι βασικές λειτουργίες του ανατίθενται σε πράκτορες λογισμικού, που αποτελούν τα βασικά δομικά στοιχεία του AISLE. Ορίζουμε τρεις διακριτούς τύπους πρακτόρων (έναν για κάθε επίπεδο).

1. Οι πράκτορες συνεισφοράς (Contribution Agents) λειτουργούν ως οι εν δυνάμει δέκτες πληροφορίας του AISLE, ανακτούν τις ροές περιβαλλοντικής πληροφορίας και τις επικυρώνουν.
2. Οι πράκτορες διαχείρισης δεδομένων (Data Management Agents) είναι υπεύθυνοι για τη σύντηξη των δεδομένων, την προεπεξεργασία των πληροφοριών και την εξαγωγή των μετά-δεδομένων.
3. Οι πράκτορες διανομής (Distribution Agents) λειτουργούν ως διεπαφές με τις τελικές εφαρμογές χρήσης και διαχέουν την πληροφορία.

Οι πράκτορες λειτουργούν στα διάφορα επίπεδα και μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων υλοποιείται η επικοινωνία εντός των επιπέδων και μεταξύ των επιπέδων. Η επικοινωνία των πρακτόρων του ίδιου επιπέδου εξασφαλίζει τις απαιτήσεις συνεργασίας του AISLE για διάχυση της γνώσης και των αντιλήψεων εντός κάθε επιπέδου. Η επικοινωνία των πρακτόρων των διαφορετικών επιπέδων διασφαλίζει την αποτελεσματική προώθηση της πληροφορίας από την είσοδο στην έξοδο του συστήματος. Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική πολλών πρακτόρων του AISLE.

2.5 Υλοποίηση του συστήματος – τεχνολογίες ανάπτυξης

Το σύστημα AISLE αναπτύχθηκε ως ένα σύστημα πολλών πρακτόρων υλοποιημένο σε Java. Για τη δημιουργία των πρακτόρων χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον ανάπτυξης JADE [5], το οποίο υποστηρίζει την ανάπτυξη πρακτόρων λογισμικού συμβατών με τις απαιτήσεις της FIPA [6]. Να σημειωθεί ότι μια εφαρμογή πρακτόρων αναπτυγμένη σε JADE είναι δυνατό να καταμεμηθεί σε περισσότερους από έναν υπολογιστές και η διαμόρφωση του συστήματος μπορεί να αλλάξει κατά την εκτέλεση της εφαρμογής, όταν και όποτε απαιτείται. Η επικοινωνία των πρακτόρων υλοποιείται μέσω μηνυμάτων που σέβονται τη σημειολογία του πεδίου εφαρμογής, χρησιμοποιώντας οντολογίες. Τα μηνύματα που ανταλλάσσουν οι πράκτορες του AISLE ακολουθούν οντολογίες που αναπτύχθηκαν με το Protégé 2000 [7]. Με τη χρήση του Protégé 2000 οι έννοιες και οι μεταβλητές του πεδίου εφαρμογής του AISLE θεμελιώνονται σε μορφή RDFS. Τέλος οι ικανότητες λογικού συμπερασμού των πρακτόρων λογισμικού υλοποιούνται με το JESS [8], το οποίο υποστηρίζει τη δημιουργία βάσεων γνώσης σε Java και την εκτέλεση λογικών κανόνων. Η ανάπτυξη του AISLE εξασφαλίζει την ανεξαρτησία από πλατφόρμα.



Σχήμα 3. Η αρχιτεκτονική πολλών πρακτόρων AISLE

3. ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΧΡΗΣΗΣ - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

3.1 Σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην περιοχή της Βαλένθια

Η επίδειξη του AISLE έγινε σε δύο πεδία εφαρμογής. Το πρώτο αφορά ένα σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην περιοχή της Βαλένθια στην Ισπανία [9]. Τέτοια συστήματα εγκαθίστανται επί ενός δικτύου αισθητήρων που παρακολουθούν τις συγκεντρώσεις των αέριων ρύπων και τις τιμές άλλων περιβαλλοντικών μεταβλητών. Τα συστήματα παρακολούθησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας συνήθως συγκεντρώνουν τις μετρήσεις τους σε μια βάση δεδομένων, και έτσι διατίθενται στους περιβαλλοντικούς επιστήμονες που είναι υπεύθυνοι για τη μελέτη των φυσικών φαινομένων. Η σύγχρονη απαίτηση όμως για τα συστήματα αυτά είναι να διαθέσουν την πληροφορία στο ευρύ κοινό και να παρέχουν έγκαιρη ενημέρωση στους πολίτες, ιδίως σε περιοχές που αντιμετωπίζουν έντονα προβλήματα ρύπανσης, σύμφωνα με τις επιταγές της Ευρωπαϊκής Ένωσης [10]. Η έγκαιρη αναγνώριση περιβαλλοντικών επεισοδίων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την έγκαιρη απόκριση όλων των εμπλεκόμενων μερών και την αποτελεσματικότητα των μέτρων αναχαίτισης. Στο πλαίσιο αυτό αναδύεται η αδήριτη ανάγκη διάχυσης της περιβαλλοντικής πληροφορία σε διακριτές ομάδες τελικών αποδεκτών, που περιλαμβάνουν κρατικούς φορείς, τη βιομηχανία, τις μη κυβερνητικές οργανώσεις και τους πολίτες.

Σκοπός μας ήταν να διερευνήσουμε πώς μια γενική αρχιτεκτονική πολλών πρακτόρων, όπως αυτή του AISLE, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έγκαιρη διανομή περιβαλλοντικής πληροφορίας μέσω διαδικτυακών υπηρεσιών σε χρήστες με διαφορετικές απαιτήσεις. Αναπτύξαμε το σύστημα O₃RTAA, μια πλατφόρμα πολλών πρακτόρων για την αποτίμηση και την αναφορά της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος. Το O₃RTAA αναλαμβάνει την παρακολούθηση και την αποτίμηση χαρακτηριστικών της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας δεδομένα που καταγράφονται από μετεωρολογικούς σταθμούς. Οι πράκτορες λογισμικού παρεμβάλλονται ανάμεσα στο δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα και τις εφαρμογές τελικού χρήστη και αναλαμβάνουν την συλλογή και επικύρωση των μετρήσεων που καταγράφονται από πολλούς αισθητήρες, την αποτίμηση της ποιότητας του αέρα, και την έκδοση αναφορών και συναγερωμών στους αρμόδιους παραλήπτες, όποτε είναι απαραίτητο μέσω του διαδικτύου.

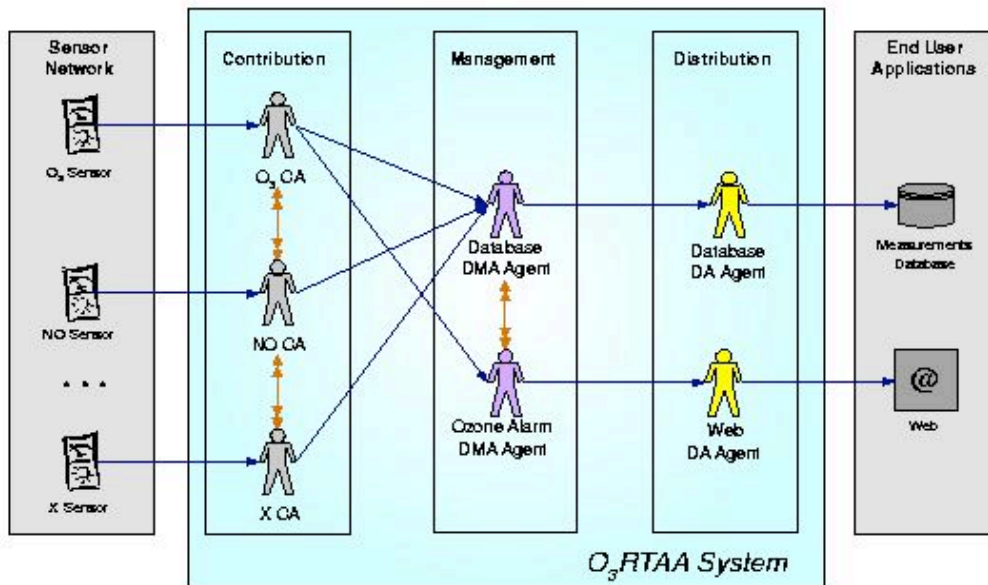
Οι κύριες εργασίες που αναλαμβάνουν οι πράκτορες του O₃RTAA, ως *φορείς πληροφορίας* είναι οι ακόλουθες:

- α. Συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες παρακολούθησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας.
- β. Διαχείριση δεδομένων, που περιλαμβάνει δράσεις όπως την προεπεξεργασία, την κανονικοποίηση, και το μετασχηματισμό δεδομένων.
- γ. Information propagation, which involves posting information over the internet.

Ενώ, ως *υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων*, οι πράκτορες του O₃RTAA πραγματοποιούν τις εξής εργασίες:

- δ. Επικύρωση των εισερχόμενων δεδομένων μέσω του ελέγχου της ποιότητας των καταγραφόμενων μετρήσεων.
- ε. Αντικατάσταση των άκυρων μετρήσεων μέσω της εκτίμησης των ελλিপών καταγραφών και της προσέγγισης των εσφαλμένων καταγραφών.
- στ. Υπολογισμός ποιοτικών δεικτών για την αποτίμηση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Το σύστημα έχει εγκατασταθεί επιτυχώς ως πιλοτική εφαρμογή στο Κέντρο Μεσογειακών Περιβαλλοντικών Μελετών (Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo), στη Βαλένθια, Ισπανία, σε συνεργασία με την εταιρεία IDI-EIKON, στα πλαίσια του έργου Agent Academy (IST-2000-31050).

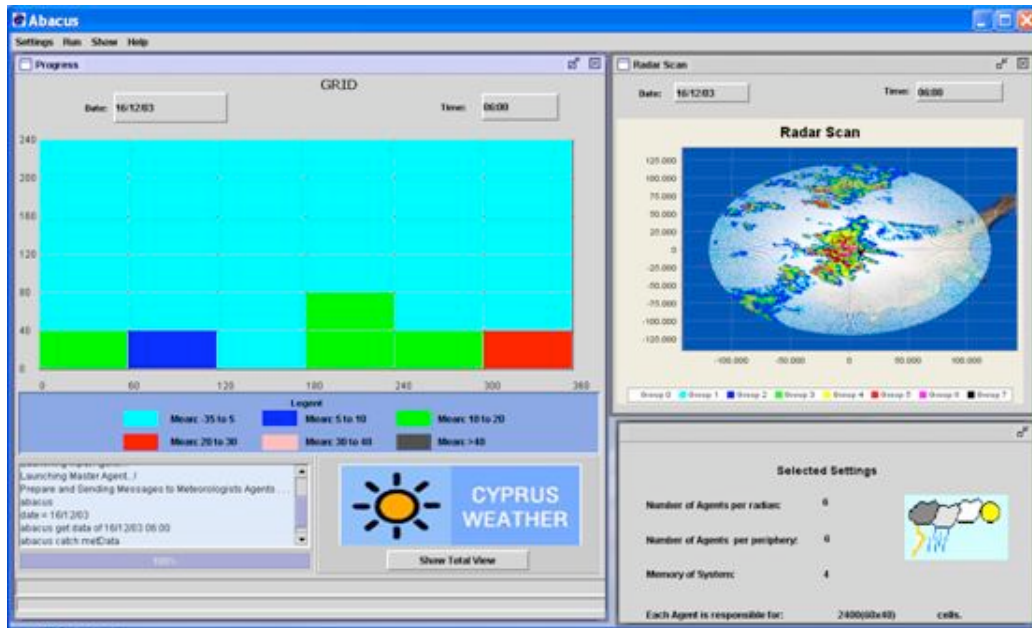


Σχήμα 4. Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος O₃RTAA

3.2 Σύστημα παρακολούθησης των κλιματολογικών συνθηκών στη Κύπρο

Το δεύτερο πεδίο εφαρμογής στο οποίο επιδείχθηκε η αρχιτεκτονική AISLE αφορά ένα σύστημα παρακολούθησης των κλιματολογικών συνθηκών στη Κύπρο, που αναπτύχθηκε ως πιλοτική εφαρμογή για την Μετεωρολογική Υπηρεσία της Κύπρου. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή, που ονομάστηκε ABACUS, παρεμβάλλεται ανάμεσα στο Doppler ραντάρ που είναι εγκατεστημένο στη Βορειοδυτική ορεινή περιοχή της Κύπρου κοντά στη μονή Κύκκου και τους τελικούς χρήστες της εφαρμογής (Μετεωρολογική Υπηρεσία και Αεροδρόμιο Λάρνακας). Το ραντάρ καταγράφει τις τιμές των ανακλάσεων τις ακτίνας του, οι οποίες καθορίζουν την πυκνότητα των σωμάτων που βρίσκονται κατά μήκος της πορείας της ακτίνας που εκπέμπει και ως εκ τούτου και των νεφών. Στόχος του συστήματος ABACUS είναι να παρακολουθεί και να επεξεργάζεται τις συνεχώς παραγόμενες τιμές που καταγράφει το ραντάρ, να αναγνωρίζει συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες καθώς και την εξέλιξή τους, και να παρέχει ηλεκτρονικές υπηρεσίες συναγερμών στους τελικούς χρήστες.

Συγκεκριμένα, μια ομάδα πρακτόρων-μετεωρολόγων επιβλέπουν τις περιοχές ενδιαφέροντος, αναγνωρίζουν ενδεχόμενα δυσμενή καιρικά φαινόμενα και παρακολουθούν την εξέλιξή τους. Οι πράκτορες- μετεωρολόγοι λειτουργούν ως πράκτορες διαχείρισης δεδομένων και χρησιμοποιούνται για την προεπεξεργασία των ακατέργαστων καταγραφών του ραντάρ και την εξαγωγή μεταδεδομένων, όπως διάφορα ποσοτικά ή στατιστικά μεγέθη και γραφικές παραστάσεις, που είναι απαραίτητα για τη μελέτη και την ανάλυση καιρικών φαινομένων (Σχήμα 5). Ένα ακόμη χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η υπηρεσία ενημέρωσης όλων των ενδιαφερομένων μερών για την κατάσταση που επικρατεί, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και ιστοσελίδων.



Σχήμα 5. Ένα στιγμιότυπο της πλατφόρμας ABACUS

Το ABACUS [11] επιδείχθηκε στη Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου όπου και αναδείχθηκε η προστιθέμενη αξία του για τη διαχείριση του ραντάρ «Κύκκος». Κύριο πλεονέκτημα του ABACUS είναι ότι εκμεταλλεύεται την ικανότητα των πρακτόρων για αυτόνομη δράση και λογικό συμπερασμό, και ως εκ τούτου είναι ικανό να διαχειρίζεται και να επεξεργάζεται τα δεδομένα του ραντάρ σε πραγματικό χρόνο χωρίς την ανάγκη επίβλεψης ή ανθρώπινου ελέγχου. Αν ληφθεί υπόψη ότι η μέχρι σήμερα η επεξεργασία και εκμετάλλευση των δεδομένων είναι περιορισμένη, ενώ παράλληλα απαιτεί την έντονη απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, γίνεται ακόμη πιο εμφανής η αξία της εφαρμογής. Καθοριστικής σημασίας είναι η δυνατότητα αυτόματης και άμεσης ενημέρωσης των υπευθύνων χωρίς την μεσολάβηση κάποιου χρήστη, με βάση λογικούς κανόνες αναγνώρισης συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το AISLE αποτελεί μια γενικευμένη πλατφόρμα για την παροχή προηγμένων υπηρεσιών υποστήριξης δικτύων παρακολούθησης του περιβάλλοντος που εγκαθιστούν τα Κέντρα Παρατήρησης και Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος. Το AISLE συνδυάζει τεχνολογίες αιχμής για να παρέχει πληροφορίες στους τελικούς χρήστες έγκαιρα και αξιόπιστα, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αναπτύχθηκε ως ένα σύστημα πολλών πρακτόρων, που ενσωματώνει χαρακτηριστικά προσαρμοσμένης ευφυΐας και διάχυσης της γνώσης. Το AISLE αποτελεί μια γενική αρχιτεκτονική διαχείρισης και διάχυσης περιβαλλοντικής πληροφορίας βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχουν τα Κέντρα Παρατήρησης και Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] IFIP. Computers and the environment. Working group 5.11, International Federation for Information Processing, 1999. (homepage: <http://www.environmentics.org>).
- [2] Athanasiadis, I. N., and Mitkas, P. A. Applying agent technology in environmental management systems under real-time constraints. In International Environmental Modelling and Software Society 2004 International Congress: Complexity and Integrated Resources

- Management (Osnabrück, Germany, June 2004), C. Pahl, S. Schmidt, and A. Jakeman, Eds., iEMSs, p. 46.
- [3] Brännström M., and Jungert, E. A Scalable Agent Architecture for a Dynamic Sensor Network, *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, vol.68, no.3, 2003.
 - [4] Athanasiadis, I. N., and Mitkas, P. A. A methodology for developing environmental management systems with software agents. *Environmental Modelling and Software*. (to appear in 2005).
 - [5] Bellifemine, F., Poggi, A., and Rimassa, G. Developing multi-agent systems with JADE. In *Proceedings of the Seventh International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages*, Boston, USA, 2000.
 - [6] Foundation for Intelligent Physical Agents, FIPA *Semantic Language (SL) Content Language Specifications*, Specification, Available online: www.fipa.org , 2001.
 - [7] Grosso, W., et al. Knowledge modeling at the millennium, The design and evolution of Protege-2000. *Proceedings of the 12 th International Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Mangement (KAW'99)*, Banff, Canada, October 1999.
 - [8] Friedman-Hill, E. J. *Jess in Action*, Manning Publications, 2003.
 - [9] Athanasiadis, I. N., and Mitkas, P. A. An agent-based intelligent environmental monitoring system. *Management of Environmental Quality* 15, 3 (May 2004), 238-249.
 - [10] European Commission, Green paper on public sector information in the information society. COM(98)585, Available online: [http://europa.eu.int/ISPO/docs/policy/docs/COM\(98\)585/](http://europa.eu.int/ISPO/docs/policy/docs/COM(98)585/), 1999.
 - [11] Μιλής Μ. *Σύστημα πολλών πρακτόρων για την διαχείριση και τον έλεγχο δεδομένων Μετεωρολογικού Ραντάρ*. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, ΑΠΘ, 2004.