

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ  
ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**



**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : THE SOCRATES PROJECT  
ΦΟΙΤΗΤΗΣ : ΛΙΑΡΟΣ ΜΙΧΑΗΛ Α. Μ. : 21/09  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Α.Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ  
ΤΜΗΜΑ : ΔΠΣΜ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
Β' ΕΞΑΜΗΝΟ**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ , ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2010**

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. Περίληψη.....
2. Αντικειμενικός Σκοπός του Project.....
3. Τεχνική Προσέγγιση και Μεθοδολογία.....
4. Περιγραφή Παραδοθέντων.....
5. Αναμενόμενα Οφέλη.....
6. Επιπτώσεις – Αναμενόμενος Αντίκτυπος.....
7. Μελλοντική Έρευνα – Χρήσιμα Συμπεράσματα.....
8. Βιβλιογραφία.....

## 1. Περίληψη

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται η χρήση μεθόδων αυτό-οργάνωσης ,αυτό-βελτιστοποίησης ,αυτό-ρύθμισης και αυτό-ίασης ως μια υποσχόμενη ιδέα για το σχεδιασμό ,την ανάπτυξη και τη βελτιστοποίηση των ασύρματων δικτύων. Οι βασικοί στόχοι είναι η βελτίωση της κάλυψης ,η αξιοποίηση των πόρων ,η ποιότητα υπηρεσιών και τέλος η μείωση των λειτουργικών εξόδων. Το Socrates Project έχουν αναλάβει τέσσερις μεγάλες εταιρίες και τρεις διάσημοι ερευνητικοί οργανισμοί με καθένα από αυτούς να έχει υπό την επίβλεψη του ένα τμήμα η αλλιώς ένα πακέτο εργασίας από τα πέντε που έχει το project (WP1,WP2,WP3,WP4 και WP5) .Το project βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε εξέλιξη, με τα τμήματα του project που έχουν παραδοθεί να αφορούν τα πακέτα εργασίας WP2 και WP5.Τα αναμενόμενα οφέλη από την αυτό-οργάνωση αφορούν κυρίως τη μείωση των λειτουργικών εξόδων και τη βελτίωση των επιδόσεων του δικτύου. Τέλος το Socrates Project αναμένεται να έχει σημαντικό αντίκτυπο παγκοσμίως κυρίως όσον αφορά τα παγκόσμια πρότυπα και πρωτόκολλα αλλά και τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών στον τομέα διαχείρισης των δικτύων.

## 2. Αντικειμενικός Σκοπός του Project

Τα μελλοντικά δίκτυα επικοινωνίας θα επιδεικνύουν σε ένα σημαντικό βαθμό αυτό-οργάνωση. Ο κύριος σκοπός της αυτό-οργάνωσης, μέσα στην οποία συμπεριλαμβάνονται οι έννοιες της αυτό-βελτιστοποίησης, της αυτό-ρύθμισης και τέλος της αυτό-ίασης, είναι να ελαχιστοποιήσει σε σημαντικό βαθμό τις λειτουργικές δαπάνες (OPEX) με τη μείωση της ανθρώπινης συμμετοχής σε λειτουργικά καθήκοντα των δικτύων, με αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας του δικτύου και της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Το Socrates Project αποτελεί μια ισχυρή κοινοπραξία η οποία περιλαμβάνει δύο από τους μεγαλύτερους προμηθευτές εξοπλισμού κινητής επικοινωνίας στον κόσμο την Ericsson AB και η Nokia Siemens Networks-Poland/Germany, την Vodafone κορυφαία εταιρεία κινητής τηλεφωνίας, την Atesio μια εταιρεία ανάπτυξης εργαλείων για τον σχεδιασμό και την υποστήριξη του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και τρεις ερευνητικούς οργανισμούς τον IBBT, την TNO Information and Communication Technology και την TU Braunschweig που έχουν συμβάλει αποδεδειγμένα στην επιστημονική εξέλιξη και έχουν συνεργαστεί επιτυχώς με τη βιομηχανία κινητών. Οι εταιρείες εκπροσωπούν έξι χώρες στην Ευρώπη. Η κοινοπραξία, με εμπορικά λειτουργικά μέλη παγκοσμίως, έχει τη δυνατότητα να ασκήσει ισχυρή επιρροή στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, τις μελλοντικές τάσεις της αγοράς και της προτυποποίησης.



Το Socrates Project (*Self-Optimisation and self-ConfiguRATion in wirelEss networkS*) στοχεύει στην ανάπτυξη των μεθόδων της αυτό-οργάνωσης για την ενίσχυση των εργασιών των ασύρματων δικτύων, με την ενσωμάτωση του

σχεδιασμού του δικτύου, τη διαμόρφωση και τη βελτιστοποίηση σε μια ενιαία ως επί το πλείστον αυτόματη διαδικασία που απαιτεί ελάχιστη χειρονακτική παρέμβαση.

Όσον αφορά την τεχνολογική πλευρά, το Socrates Project επικεντρώνεται κυρίως σε ασύρματα δίκτυα, όπως ασύρματο τμήμα αποτελεί γενικά η συμφόρηση στις end-to-end communications, όσον αφορά την επιχειρησιακή πολυπλοκότητα και το κόστος του δικτύου. Η επιλογή του 3GPP LTE (3rd Generation Partnership Project, Long Term Evolution) ως κεντρική τεχνολογία στις μελέτες του project έγινε διότι η 3GPP LTE είναι φυσική, πολλά υποσχόμενη και υποστηρίζεται ευρέως στην εξέλιξη των δημοφιλέστερων τεχνολογιών δικτύωσης με κυψέλες στον κόσμο (GSM / EDGE, UMTS / HSPA).

Το Socrates Project υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πλαίσιο του 7ου προγράμματος πλαισίου, και θα διαρκέσει από την 1 Ιανουαρίου 2008 έως τις 31 Δεκεμβρίου 2010.

Ο γενικός στόχος του Socrates Project είναι η ανάπτυξη μεθόδων αυτό-οργάνωσης, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η χωρητικότητα του δικτύου, η κάλυψη και η ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση σε σημαντικό βαθμό των λειτουργικών εξόδων. Παρά το γεγονός ότι οι ανεπτυγμένες λύσεις είναι πιθανόν να έχουν ευρεία εφαρμογή (π.χ. στα WiMax δίκτυα), το έργο επικεντρώνεται κυρίως στις 3GPP LTE ράδιο-επικοινωνίες (E-UTRAN). Λεπτομερέστερα οι στόχοι είναι οι εξής:

- Η ανάπτυξη νέων ιδεών, μεθόδων και αλγορίθμων για την αποτελεσματική και αποδοτική αυτό-βελτιστοποίηση, αυτό-διαμόρφωση και αυτό-ίαση των ασύρματων δικτύων, για την προσαρμογή διαφορετικών ράδιο-παραμέτρων (διαχείριση πόρων) για την ομαλή ή απότομη διαφοροποίηση π.χ. σύστημα, κυκλοφορία, κινητικότητα και συνθήκες διάδοσης. Συγκεκριμένα παραδείγματα από τις ράδιο-παραμέτρους που θα εξεταστούν περιλαμβάνουν: ρυθμίσεις ισχύος, παραμέτρους κεραιών, γειτονικές λίστες κυψελών, παραμέτρους παράδοσης, προγραμματισμού και παραμέτρους ελέγχου εισόδου.

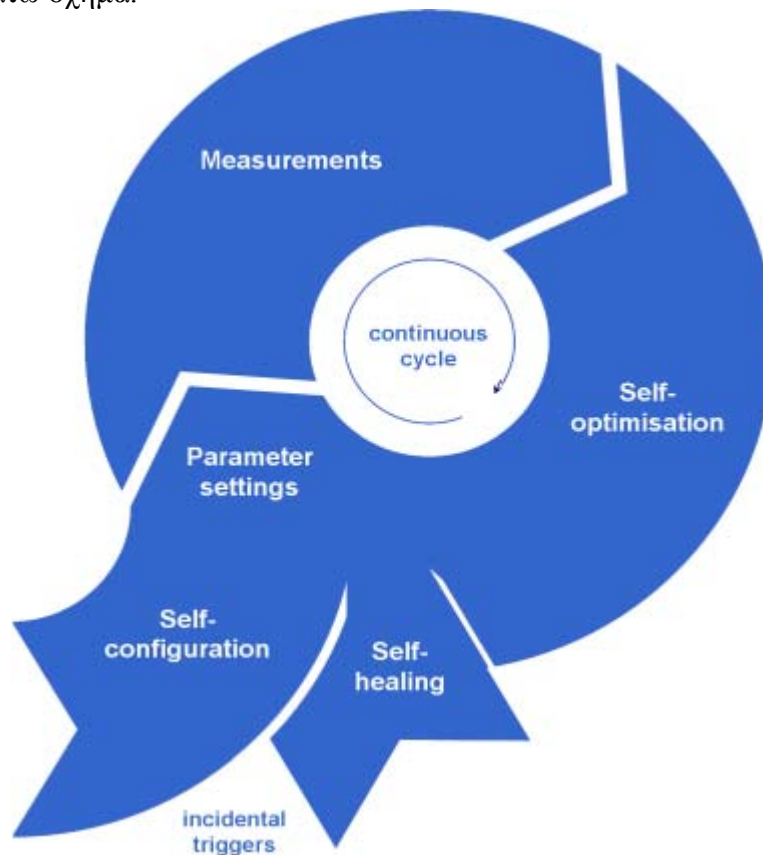
- Ο καθορισμός των απαιτούμενων πληροφοριών μέτρησης, η στατιστική τους ακρίβεια και οι μέθοδοι ανάκτησης πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοκόλλων διασύνδεσης για τη στήριξη νέων εξελιγμένων μεθόδων αυτό-οργάνωσης.

- Η επικύρωση και η επίδειξη των αναπτυγμένων ιδεών και μεθόδων για την αυτό-οργάνωση μέσα από εκτενή πειράματα προσομοίωσης. Ειδικότερα, προσομοιώσεις θα πραγματοποιούνται με σκοπό να καταδείξουν και να αξιολογήσουν τη διαπιστωμένη χωρητικότητα, την κάλυψη και τη βελτίωση της ποιότητας και την εκτίμηση της εφικτής ελαχιστοποίησης των λειτουργικών εξόδων (OPEX και CAPEX).

- Η αξιολόγηση της εφαρμογής και του επιχειρησιακού αντίκτυπου των αναπτυγμένων ιδεών και μεθόδων για την αυτό-οργάνωση σε σχέση με τις εργασίες, τη διαχείριση και την αρχιτεκτονική συντήρηση, τα τερματικά, την επεκτασιμότητα και το σχεδιασμό του δικτύου και των διαδικασιών διαχείρισης της χωρητικότητας.

- Επίδραση στην 3GPP προτυποποίηση και τις δραστηριότητες NGMN.

Η οραματιζόμενη επιχειρησιακή διαδικασία που εφαρμόζεται στην αυτό-οργάνωση των δικτύων πρόσβασης και τις διακριτές συνιστώσες της απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



## Μετρήσεις

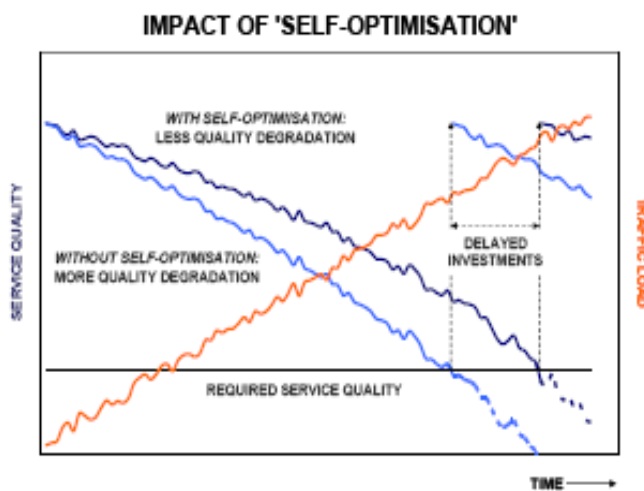
Σκεφτείτε ένα πλήρως ρυθμιζόμενο και λειτουργικό δίκτυο ασύρματης πρόσβασης, έτσι κάπως αυθαίρετα, ξεκινούν τα πράγματα από την εικονιζόμενη «φάση των μετρήσεων». Αυτή η φάση δείχνει μια συνεχή δραστηριότητα όπου μια σειρά μετρήσεων συλλέγονται μέσω των διαφόρων πηγών, συμπεριλαμβανομένων των μετρητών του δικτύου και των συσκευών εκπομπής. Οι πρώτες μετρήσεις π.χ. τα χαρακτηριστικά του σταθμού, η κυκλοφορία και η κινητικότητα των χρηστών, επεξεργάζονται προκειμένου να παρέχουν τις σχετικές πληροφορίες για να βοηθήσουν το έργο της αυτό-βελτιστοποίησης. Η απαιτούμενη μορφή, η ακρίβεια και η περιοδικότητα των πληροφοριών εξαρτώνται από ειδικούς μηχανισμούς της αυτό-βελτιστοποίησης.

## Αυτό-Βελτιστοποίηση

Στη φάση της αυτό-βελτιστοποίησης εξελιγμένες μέθοδοι μέσα από την επεξεργασία των μετρήσεων παίρνουν μια αναθεωρημένη σειρά από ραδιο-παραμέτρους (διαχείριση πόρων) συμπεριλαμβανομένων π.χ. κεραία (κλίση, αζιμούθιο), ρυθμίσεις ισχύος (συμπεριλαμβανομένων πιλοτικών, τον έλεγχο της κυκλοφορίας και τα κανάλια), γειτονικές λίστες (ταυτότητες των κυψελών και συναφή βάρη), καθώς και μια σειρά παραμέτρων διαχείρισης πόρων (είσοδος / συμφόρηση / έλεγχος παράδοσης και προγραμματισμός πακέτων). Σε περίπτωση που οι μέθοδοι

της αυτό-βελτιστοποίησης φαίνονται ανίκανοι να εκπληρώσουν τους στόχους τους όσον αφορά την απόδοση, η επέκταση της παραγωγικής ικανότητας είναι απολύτως απαραίτητη και έγκαιρα ενεργοποιεί με συνοδευτικές προτάσεις για ανθρώπινη παρέμβαση.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η αύξηση της απόδοσης λόγω της αυτό-βελτιστοποίησης. Καθώς η επιβάρυνση της κυκλοφορίας αυξάνεται ένα δίκτυο που εφαρμόζει τεχνικές αυτό-βελτιστοποίησης επιτυγχάνει καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών από ένα δίκτυο που δεν εφαρμόζει αυτό-βελτιστοποίηση. Ακόμη η χρήση αυτό-βελτιστοποίησης επιτρέπει αργοπορημένες επενδύσεις για επιπλέον χωρητικότητα δικτύου, το οποίο προκαλεί μείωση των CAPEX (J.L Van Den Berg, R. Litjens et al, 2008).



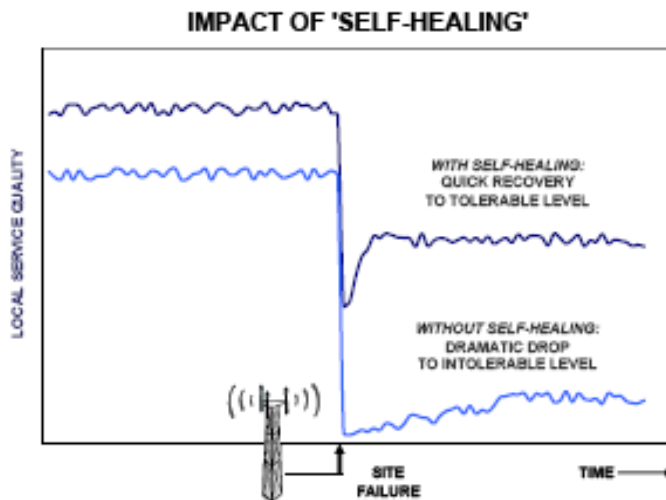
### Αυτό-Ρύθμιση

Η φάση της αυτό-ρύθμισης απεικονίζεται ως ένα εξωτερικό χέρι το οποίο βρίσκεται σε ένα συνεχή κύκλο αυτό-βελτιστοποίησης και ενεργοποιείται από περιστασιακά γεγονότα. Τέτοια παραδείγματα είναι η προσθήκη ενός νέου χώρου και η καθιέρωση μιας υπηρεσίας ή μια νέας δυνατότητας δικτύου. Αυτές οι αναβαθμίσεις απαιτούν κατά κανόνα μια πρώτη αναδιαμόρφωση κάποιων ράδιο-παραμέτρων ή αλγορίθμων διαχείρισης πόρων, π.χ. τη δύναμη των πιλοτικών και των γειτονικών λιστών. Αυτά πρέπει να καθορίζονται πριν από τις λειτουργίες και πριν αυτές μπορέσουν να βελτιστοποιηθούν ως μέρος μιας συνεχούς διαδικασίας αυτό-βελτιστοποίησης.

### Αυτό-Ίαση

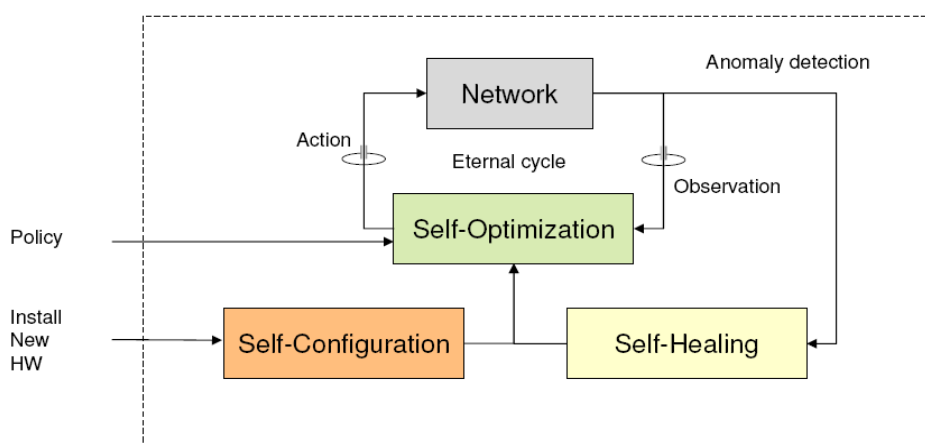
Οι μέθοδοι αυτό-ΐασης προκλήθηκαν από περιστασιακά γεγονότα όπως είναι η αποτυχία μιας κυψέλης. Οι μέθοδοι αυτοί αποσκοπούν στην επίλυση στο μέτρο του δυνατού της απώλειας κάλυψης / χωρητικότητας που προκαλείται από τέτοια γεγονότα. Αυτό γίνεται με την κατάλληλη προσαρμογή των παραμέτρων και των αλγορίθμων που περιβάλλουν τις κυψέλες. Μόλις η πραγματική αποτυχία επιδιορθωθεί, όλες οι παράμετροι επανέρχονται στις αρχικές τους ρυθμίσεις. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται με ένα παράδειγμα η βελτίωση της απόδοσης μέσω της αυτό-ΐασης. Εάν ένα site αποτύχει, τα site που είναι γύρω από αυτό αναγνωρίζουν το λάθος γρήγορα και προσαρμόζουν τις ράδιο-παραμέτρους έτσι ώστε να περιορίσουν τοπικά τη μείωση της απόδοσης. Την ίδια στιγμή ένας trigger

αυτόματα ειδοποιεί για χειρωνακτική επισκευή (J.L Van Den Berg, R. Litjens et al , 2008).



Ο βαθμός της αυτό-οργάνωσης που έχει αναπτυχθεί καθορίζει τα υπόλοιπα καθήκοντα που εξακολουθούν να υπάρχουν για τους χειριστές δικτύων. Στην ιδανική περίπτωση, ο χειριστής πρέπει απλώς να επιβάλει στις μεθόδους της αυτό-οργάνωσης την πολιτική που πρέπει να ακολουθήσουν π.χ. επιθυμητή ισορροπία στις φαινομενικές ανταλλαγές που υπάρχουν μεταξύ της κάλυψης, της ικανότητας, της ποιότητας και των στόχων του κόστους. Οι μέθοδοι της αυτό-οργάνωσης στη συνέχεια τροφοδοτούν το χειριστή με:

- Μια χρονική ενεργοποίηση για την επέκταση της χωρητικότητας με τη μορφή νέων χώρων π.χ. νέο πίνακα καναλιών, ένα πιο ισχυρό ενισχυτή, μια αλλαγή στη μηχανική κλίση .
- Άμεσο συναγερμό σε περίπτωση αποτυχίας σε στοιχείο του δικτύου.

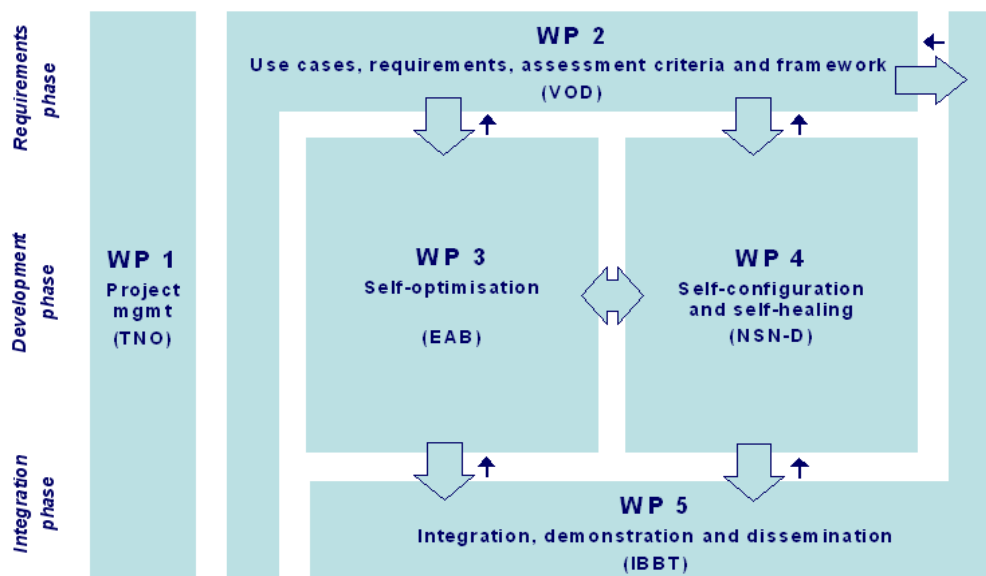


Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίον οι μέθοδοι της αυτό-ρύθμισης ,της αυτό-ίασης και της αυτό-βελτιστοποίησης λειτουργούν μέσα σε ένα δίκτυο.



### 3. Τεχνική Προσέγγιση και Μεθοδολογία

Η συνολική δομή του Socrates Project φαίνεται στο παρακάτω σχήμα .Τα βέλη δείχνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων πακέτων εργασίας (το χοντρό βέλος την κύρια ροή και το λεπτό βέλος την ανάδραση).



WP1: Διαχείριση Έργου. Το πακέτο αυτό φροντίζει τη συνολική διαχείριση των επιχειρησιακών και οικονομικών πτυχών και διευκολύνει το έργο της όπως επίσης και την εξωτερική συνεργασία .Το WP1 διευθύνει το TNO Information and Communication Technology.

WP2: Χρησιμοποίηση περιπτώσεων και πλαισίων για την αυτό-οργάνωση. Μη τεχνικές απαιτήσεις των διαφόρων συνιστωσών της αυτό-οργάνωσης θα πρέπει να προέρχονται από μια λίστα των περιπτώσεων χρήσης. Αυτές οι περιπτώσεις χρήσης καθορίζουν τα σενάρια στα οποία η εφαρμογή των μεθόδων της αυτό-οργάνωσης είναι αυτή που πολλοί οραματίστηκαν στα μελλοντικά δίκτυα ασύρματης πρόσβασης. Επιπλέον, αναπτύσσονται κριτήρια για την αξιολόγηση των μεθόδων και των αλγορίθμων της αυτό-οργάνωσης. Από κοινού, οι πτυχές αυτές αποτελούν το πλαίσιο για την ανάπτυξη της αυτό-οργάνωσης και των μεθόδων στα στάδια WP3 και WP4. Το WP2 διευθύνει η Vodafone .

WP3: Αυτό-Βελτιστοποίηση .Ανάπτυξη νέων ιδεών, μεθόδων και αλγορίθμων για την αυτό-βελτιστοποίηση των ασύρματων δικτύων που προσαρμόζονται σταδιακά. Διάφορα εργαλεία προσομοίωσης θα πρέπει να εφαρμόζονται για την αξιολόγηση των επιδόσεών τους, χρησιμοποιώντας τα κριτήρια και τις μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν στο WP2 έτσι ώστε να βοηθήσουν στην κατανόηση και την περαιτέρω ενίσχυση των αλγορίθμων. Επιπλέον, προσδιορίζονται οι απαιτούμενες μετρήσεις, οι διεπαφές και τα πρωτόκολλα. Το WP3 διευθύνει η Ericsson AB.

WP4: Αυτό-Ρύθμιση και Αυτό-ίαση. Ανάπτυξη και επικύρωση των μοντέλων και των αλγορίθμων της αυτό-ρύθμισης των πρόσφατα αναπτυγμένων θέσεων και αυτό-ίαση των αποτυχιών στο software και hardware μέσω της τοπικής προσαρμογής των ράδιο-

παραμέτρων. Επιπλέον, προσδιορίζονται νέες απαιτούμενες μετρήσεις και αλλαγές στις διεπαφές για την υποστήριξη των αναπτυγμένων αλγόριθμων της αυτό-ρύθμισης και της αυτό-ίασης .

Το WP4 διευθύνει η Nokia Siemens Networks - Germany

WP5: Ένταξη, Επίδειξη και Διάδοση. Το WP5 έχει ως στόχο την ένταξη και προσαρμογή των ανεπτυγμένων μεθόδων αυτό-οργάνωσης (WP3-4) σύμφωνα με το πλαίσιο που διαμορφώνεται στην WP2. Την επίδειξη των οφελών από τις μεθόδους της αυτό-οργάνωσης. Την αξιολόγηση των επιπτώσεων που έχουν τα αποτελέσματα του έργου για το σχεδιασμό και την εφαρμογή του δικτύου όσον αφορά την προτυποποίηση, τις τεχνικές και επιχειρηματικές ευκαιρίες, τη ρύθμιση και την επίδραση που έχει στην κοινωνία. Τη δημιουργία ενός οδικού χάρτη για την εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων του έργου με τον εντοπισμό των εμποδίων και τον καθορισμό ενός οδικού χάρτη ανάπτυξης για τη χρήση της αυτό-οργάνωσης .Τέλος τη διάδοση των αποτελεσμάτων του έργου, συμπεριλαμβανομένων των συνεισφορών της 3GPP και βιομηχανικών forums (π.χ. NGMN), καθώς και τη διοργάνωση δύο ειδικών εργαστηρίων.

Το WP5 διευθύνει η IBBT.

Η ανάγκη για αυτό-οργάνωση καθοδηγείται από μια σειρά τεχνολογικών και αγοραστικών εξελίξεων.

#### Τεχνολογικοί Οδηγοί

Η πολυπλοκότητα των σύγχρονων τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης είναι τεράστια, κυρίως λόγω της πληθώρας των παραμέτρων συντονισμού και τις περίπλοκες εξαρτήσεις μεταξύ τους. Αν και αυτή η πολυπλοκότητα είναι αναπόφευκτη για την εξασφάλιση των επιθυμητών υπηρεσιών , με την ενίσχυση της αποδοτικότητας των πόρων και της ποιότητας των υπηρεσιών επιβαρύνονται οι λειτουργίες του δικτύου. Το μεγάλο πλήθος των κυψελών που απαιτούνται για την παροχή κάλυψης με μελλοντικές τεχνολογίες υψηλής συχνότητας, καθώς και η συνύπαρξη μαζί με την συντονισμένη αξιοποίηση των πολλαπλών ετερογενών δικτύων ασύρματης πρόσβασης περιπλέκουν το έργο αυτό ακόμη περισσότερο. Λόγω αυτής της τεχνολογικής πολυπλοκότητας, τα βασικά λειτουργικά καθήκοντα του σχεδιασμού και της βελτιστοποίησης του δικτύου αποτελούν σήμερα σε μεγάλο βαθμό διαφορετικά καθήκοντα. Ουσιαστικές αδυναμίες των μεθοδολογιών που παρουσιάζονται σήμερα για τα καθήκοντα αυτά περιλαμβάνουν:

- Η υπεράντληση των τεχνολογιών πρόσβασης για λόγους σχεδιασμού του δικτύου.
- Η εξέταση των δεικτών απόδοσης που έχουν περιορισμένο ενδιαφέρον για την αντίληψη των υπηρεσιών του τελικού χρήστη.
- Τα πειράματα χρόνου-έντασης από περιορισμένη επιχειρησιακή σκοπιά με καθυστερημένη, χειρωνακτική και κακή διαχείριση των κυψελών.

Στην ουσία, οι τρέχουσες προσεγγίσεις που χαρακτηρίζονται από υψηλής έντασης εργασία παρέχουν σε μεγάλο βαθμό σχεδόν ευνοϊκότερες λύσεις. Ταυτόχρονα, η αύξηση των τεχνικών δυνατοτήτων των δύο σταθμών βάσης καθώς και η εκτέλεση ,η αποθήκευση , η επεξεργασία και η δράση σύμφωνα με τις μετρήσεις των

τερματικών του χρήστη αυξάνονται απότομα. Αυτό αποτελεί βασικό καταλύτη για την υποστήριξη των στόχων της αυτό-οργάνωσης.

#### Αγοραστικοί Οδηγοί

Η διαρκώς αυξανόμενη ποικιλομορφία των προσφερόμενων υπηρεσιών, η καθεμία με τα δικά της χαρακτηριστικά κυκλοφορίας και τις δικές της απαιτήσεις ποιότητας των υπηρεσιών καθώς και η ανάγκη να μειωθεί ο χρόνος για την αγορά των καινοτόμων υπηρεσιών έχουν ως αποτέλεσμα ακόμη μεγαλύτερη λειτουργική πολυπλοκότητα. Ένας τελικός προσανατολισμένος προς την αγορά οδηγός είναι η πίεση να παραμείνουν ανταγωνιστικές με εκπληρωμένες μειώσεις κόστους, ώστε τελικά να πετυχαίνονται χαμηλότερες τιμές ( Socrates Website , 2009).

## 4. Περιγραφή Παραδοθέντων

Το Socrates Project όπως προανέφερα δεν έχει τελειώσει ακόμη διότι ξεκίνησε την 1 Ιανουαρίου 2008 και στόχος του είναι να διαρκέσει μέχρι την 31 Δεκεμβρίου του 2010. Μέχρι στιγμής όπως αναφέρει το site του project έχει παραδοθεί επίσημα ένα μέρος του project που αφορά κυρίως τα πακέτα εργασίας WP2 (περιπτώσεις και πλαίσια για την αυτό-οργάνωση) και WP5 (ένταξη ,επίδειξη και διάδοση).

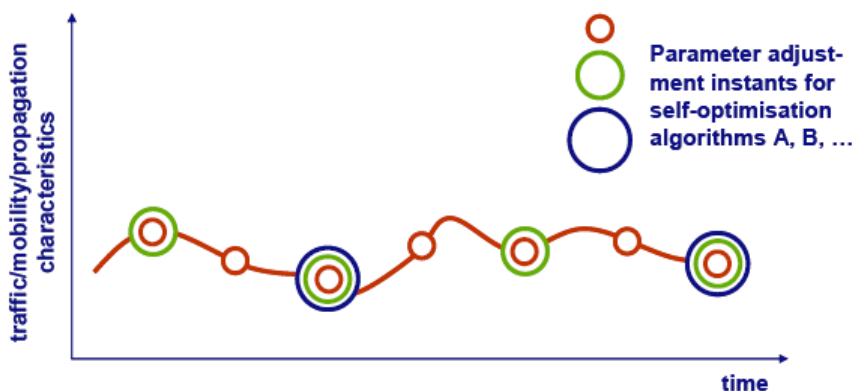
Παρακάτω παραθέτονται τα τμήματα του project που έχουν παραδοθεί μέχρι στιγμής :

- Το πρώτο τμήμα που παραδόθηκε περιέχει χρήσιμα συμπεράσματα από μελέτες περιπτώσεων για τα LTE δίκτυα ραδιοεπικοινωνίας και πιο συγκεκριμένα για τις παραμέτρους λειτουργικού σχεδιασμού και βελτιστοποίησης, καθώς και τη διαχείριση των χαμένων κυψελών κατά τη μεταφορά. Σε κάθε μια από αυτές τις περιπτώσεις περιλαμβάνονται οι στόχοι της ,τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου, οι επιθυμητοί παράμετροι εξόδου, οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν, οι πιθανές εξαρτήσεις στην προκείμενη προτυποποίηση και το κέρδος από τη μείωση των λειτουργικών δαπανών.

- Μετά από τις μελέτες περιπτώσεων σειρά είχαν οι απαιτήσεις για την ανάπτυξη λύσεων και μεθόδων όσον αφορά την αυτό-οργάνωση. Οι λύσεις αποτελούνται από αλγόριθμους, διεπαφές και αρχιτεκτονική δικτύων. Οι κυριότερες κατηγορίες απαιτήσεων είναι οι τεχνικές οι οποίες περιλαμβάνουν κριτήρια όπως απόδοση, πολυπλοκότητα, σταθερότητα, ευρωστία, χρονοδιαγράμματα, αλληλεπίδραση με άλλες δραστηριότητες, αρχιτεκτονική και τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου, οι επιχειρηματικές οι οποίες περιλαμβάνουν την απόδοση κόστους και τη βελτιστοποίηση του κέρδους και τέλος οι απαιτήσεις προσομοίωσης οι οποίες έχουν στόχο να εξετάσουν και να εκτιμήσουν τις μεθόδους και τους αλγόριθμους για την αυτό-οργάνωση.

- Ένας από τους σκοπούς του project είναι να γίνει μια σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών μεθόδων αυτό-οργάνωσης και της απόδοσης που επιτεύχθηκε με χειρωνακτική διαχείριση του δικτύου. Στο συγκεκριμένο παραδοθέν γίνονται μετρήσεις με συγκεκριμένα κριτήρια και μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των λειτουργικών εξόδων (OPEX , CAPEX).Επίσης αναφέρονται σενάρια που

περιλαμβάνουν διαφορετική κινητικότητα, κυκλοφορία και μοντέλα διασποράς που θα χρησιμοποιηθούν μελλοντικά στα στάδια WP3 και WP4 ,όπως και τοπολογίες δικτύων και μετρήσεις δεδομένων για αυτές τις τοπολογίες.Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει τη διακύμανση χαρακτηριστικών όπως κυκλοφορία, κινητικότητα και διασπορά στη χρονική στιγμή που ένας συγκεκριμένος αλγόριθμος επηρεάζει τις προσαρμογές των ράδιο-παραμέτρων.



- Το συγκεκριμένο παραδοθέν συμβάλει σε θέματα όπως είναι η παρουσίαση και σύγκριση κάτω από διαφορετικά επίπεδα κατανομής της εφαρμογή λύσεων της αυτό-οργάνωσης το οποίο δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη. Η ταξινόμηση διαφορετικών ράδιο-παραμέτρων στα λεγόμενα λειτουργικά γκρουπ παραμέτρων στα οποία οι παράμετροι του ενός γκρουπ είναι συνδεδεμένοι με τους στόχους των άλλων γκρουπ έτσι ώστε να πετυχαίνεται παράλληλη ανάπτυξη και να μην χρειάζεται να συνεργάζονται μαζί. Η αναγνώριση εξαρτήσεων και αλληλεπιδράσεων σε κάθε μια από τις μελέτες περιπτώσεων. Οι μελέτες περιπτώσεων που είναι στενά συνδεδεμένες θα πρέπει να συνεργάζονται και να μελετώνται μαζί. Τέλος ένα σχέδιο της μεθοδολογίας που θα ακολουθηθεί για την ανάπτυξη μεθόδων αυτό-οργάνωσης.
- Το πέμπτο στη σειρά παραδοθέν περιέχει ενημερώσεις των προηγούμενων τεσσάρων παραδοθέντων και ουσιαστικά δείχνει τη συνολική εξέλιξη του project. Οι ενημερώσεις αφορούν τον τομέα αποτίμησης κριτηρίων, τις μετρήσεις όπως χωρητικότητα και κάλυψη, την αναθεώρηση του τομέα εκτίμησης μεθοδολογίας σε σχέση με τη προσομοίωση των συστημάτων SON και τη περιγραφή της αρχιτεκτονική δικτύων για την υποστήριξη των SON.
- Τα προηγούμενα πέντε παραδοθέντα αφορούσαν το στάδιο WP2 ,το συγκεκριμένο παραδοθέν και το επόμενο αφορούν το στάδιο WP5.Το συγκεκριμένο παραδοθέν περιέχει το πλάνο διασποράς του Socrates Project ,δηλ το πώς τα αποτελέσματα και όλη η γνώση θα περάσει από τους συνεργάτες του project στην επιστημονική κοινότητα ,στους φορείς προτυποποίησης και σε άλλους οργανισμούς. Το project έχει ήδη αναπτύξει διάφορα «όργανα διασποράς» για τη διάδοση του όπως ιστοσελίδα, φυλλάδιο και mailing lists όπως επίσης παρουσιάσεις ,εκδηλώσεις ,δημοσιοποιήσεις στον τύπο και τέλος δύο επιδείξεις του project που έχουν προγραμματιστεί μαζί με άλλα σχετικά project.
- Το τελευταίο μέχρι στιγμής παραδοθέν ,που αφορά και αυτό το στάδιο WP5 ,περιγράφει το τι έχει πετύχει μέχρι στιγμής το project όσον αφορά τη διάδοση του

δηλ τις οκτώ παρουσιάσεις σε συνέδρια ,τις πέντε δημοσιοποιήσεις και τη μια παρουσίαση του project σε άρθρο επιστημονικού περιοδικού. Αναφέρει ακόμη ότι περαιτέρω πληροφορίες για το project όσον αφορά τεχνικά θέματα και αποτελέσματα θα γίνουν γνωστά στο δεύτερο και τρίτο χρόνο του project.

## 5. Αναμενόμενα Οφέλη

Τα βασικά οφέλη από την αυτό-οργάνωση σε ασύρματα δίκτυα αφορούν τη μείωση λειτουργικών δαπανών (OPEX) και τη βελτίωση των επιδόσεων.

### Μείωση Λειτουργικών Δαπανών (OPEX)

Οι μειώσεις των λειτουργικών εξόδων αναμένονται με τη μείωση της συμμετοχής του ανθρώπου στους τομείς των δοκιμών, του σχεδιασμού δικτύων, της παρακολούθησης και της βελτιστοποίησης:

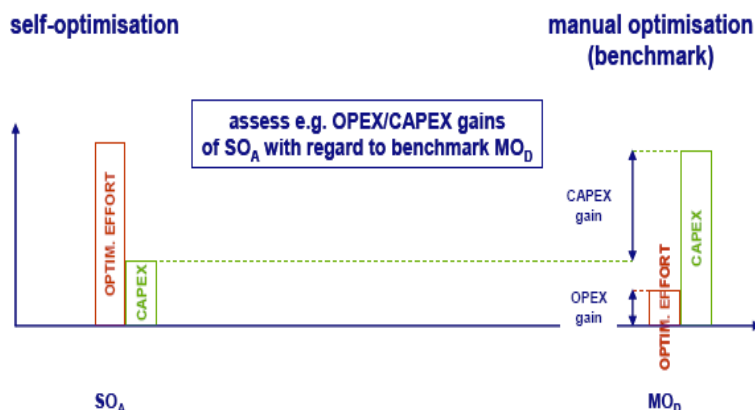
- Μείωση των δοκιμών. Οι δοκιμές εκτελούνται επί του παρόντος για τον έλεγχο των επιδόσεων του δικτύου. Αυτή η υψηλής έντασης εργασία μπορεί να αντικατασταθεί από μετρήσεις από τερματικούς σταθμούς χρηστών και σταθμούς βάσης. Χρησιμοποιώντας μετρήσεις από τους τερματικούς σταθμούς του χρήστη υπάρχει επίσης το πλεονέκτημα ότι οι μετρήσεις θα λαμβάνονται από πρόσθετες τοποθεσίες όπως το εσωτερικό των κτιρίων.

- Μείωση της χειρονακτικής προσπάθειας στο σχεδιασμό . Για έναν μεγάλο αριθμό κυψελών, η χειρονακτική προσπάθεια κατά τον καθορισμό των παραμέτρων ρύθμισης είναι σημαντική και κατά την αυτό-οργάνωση η προσπάθεια αυτή θα μειωθεί.

- Μείωση της χειρονακτικής προσπάθειας για την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση του δικτύου. Αν ένα δίκτυο δεν λειτουργεί όπως αναμενόταν, είναι αναγκαία και σημαντική η χειρονακτική προσπάθεια για την ταυτοποίηση του προβλήματος. Η αυτό-οργάνωση θα μειώσει την προσπάθεια αυτή.

- Απλοποιημένη εγκατάσταση femto-κυψελών. Η έρευνα έχει δείξει ότι μεγάλη κλίμακας ανάπτυξη των femto-κυψελών οδηγεί σε εξοικονόμηση κόστους έως και 128 εκατ. ευρώ ετησίως λόγω της μείωσης των δαπανών για τα μακρό-κυψελιδικά δίκτυα (που βασίζεται σε μια επιχείρηση με 15 εκατ. πελάτες). Ωστόσο, η ίδια έκθεση αναφέρει επίσης ότι υπάρχουν ακόμη ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν με την αυτό-οργάνωση όσον αφορά την ενσωμάτωση μακρό-δικτύων ( Socrates Website , 2009).

Στο παρακάτω διάγραμμα συγκρίνεται ένας αλγόριθμος αυτό-βελτιστοποίησης (SOA) με ένα αλγόριθμο χειρονακτικής βελτιστοποίησης (MOD) ,σε μια δεδομένη χρονική στιγμή , με δεδομένη τιμή του αλγορίθμου , σε σχέση με τα οφέλη OPEX και CAPEX. Παρατηρούμε ότι η αυτό-βελτιστοποίηση μειώνει σε μεγάλο βαθμό τα λειτουργικά έξοδα και το κέρδος από τα OPEX καθορίζεται από την προσπάθεια βελτιστοποίησης στην χειρονακτική περίπτωση.



## Βελτίωση Επιδόσεων

Η αυτό-οργάνωση συμβάλει επίσης στη βελτίωση των επιδόσεων του δικτύου και στην ποιότητα των υπηρεσιών με την καλύτερη προσαρμογή στις ιδιαιτερότητες και τις απαιτήσεις τους. Ορισμένες βασικές βελτιώσεις που αναμένονται είναι στους ακόλουθους τομείς:

- Πολλές υπηρεσίες απαιτούν υψηλού εύρους ζώνες για την παροχή υπηρεσιών σε ένα μεγάλο αριθμό χρηστών η οποία απαιτεί υψηλή βελτιστοποίηση σε δίκτυα. Με την αυτό-οργάνωση αυτό θα γίνει πραγματικότητα.
- Παραδοσιακά ήταν δύσκολο για τους διαχειριστές δικτύων να παρέχουν ικανοποιητική κάλυψη και υψηλή απόδοση δεδομένων σε εσωτερικούς χώρους, όπως σπίτια και γραφεία. Αυτό-ρύθμιση σημαίνει ότι οι τελικοί χρήστες θα μπορούν να εγκαταστήσουν τους δικούς τους σταθμούς βάσης σε αυτές τις θέσεις χωρίς κανένα εγχειρίδιο υποστήριξης από τους διαχειριστές ή τον προμηθευτή. Οι βελτιώσεις στην κάλυψη και τη χωρητικότητα θα είναι επωφελής και για τις επιχειρήσεις αλλά και για τους πελάτες.
- Με τη χρήση της αυτό-οργάνωσης η διαδικασία εύρεσης νέων σταθμών βάσης και τεχνολογικών χαρακτηριστικών είναι απλούστερη και έχει ως αποτέλεσμα λιγότερη χειροκίνητη ρύθμιση. Αυτό θα επιταχύνει την αναβάθμιση του δικτύου, εξασφαλίζοντας παράλληλα την αξιοπιστία του ( Socrates Website , 2009).

## 6. Επιπτώσεις - Αναμενόμενος Αντίκτυπος

Μια ισχυρή κοινοπραξία των δύο από τους μεγαλύτερους προμηθευτές εξοπλισμού στον κόσμο (Ericsson και Nokia Siemens Networks), της κορυφαίας εταιρείας κινητής τηλεφωνίας (Vodafone), μια εταιρίας που αναπτύσσει εργαλεία υποστήριξης για το σχεδιασμό και τη λειτουργία του δικτύου (Atesio) και τέλος τρεις διάσημους ερευνητικούς οργανισμούς (IBBT, TNO ICT και η TU Braunschweig), με αποδεδειγμένη εμπειρία και επιτυχή συνεργασία με τη βιομηχανία κινητών, το Socrates Project έχει μια μεγάλη ευκαιρία να έχει σημαντικό αντίκτυπο παγκοσμίως. Οι επιπτώσεις του Socrates Project είναι:

- Θα επηρεάσει την παγκόσμια προτυποποίηση, με την ανάπτυξη λύσεων για τις τυποποιημένες μετρήσεις, με την ανάπτυξη νέων ή προσαρμοσμένων διεπαφών και νέων ή τροποποιημένων πρωτοκόλλων που θα υποστηρίζουν την αυτό-οργάνωση.
- Θα ενισχύσει την ευρωπαϊκή βιομηχανική πρωτοπορία, συμβάλλοντας στην ευρωπαϊκή κυριαρχία στην ανάπτυξη των παγκόσμιων προτύπων, έχοντας πλεονέκτημα στην ανάπτυξη χαρακτηριστικών αυτό-οργάνωσης για δίκτυα ραδιοεπικοινωνίας και εργαλεία στήριξης, καθώς και στην παροχή υψηλού επιπέδου συμβουλευτικών υπηρεσιών. Επιπλέον, η ισχυρή εταιρική σχέση θα δημιουργήσει ισχυρότερες συνέργειες μεταξύ των διαφόρων φορέων του τομέα και θα συμβάλει σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα.
- Τα ευρήματα από την κοινοπραξία θα δημιουργήσουν νέες βιομηχανικές και επιχειρηματικές ευκαιρίες στην περιοχή διαχείρισης και ελέγχου των υφιστάμενων και μελλοντικών δικτύων το οποίο θα έχει αρκετές σημαντικές παρενέργειες, όπως π.χ. η ανάπτυξη νέων υπηρεσιών με μειωμένο χρόνο-στην-αγορά (time-to-market) ( Socrates Website , 2009).

## 7. Μελλοντική Έρευνα – Χρήσιμα Συμπεράσματα

Το όραμα του Socrates Project ,που είναι σύμφωνο με τις απόψεις του 3GPP (3rd Generation Partnership Project) και της NGMN (Next Generation Mobile Networks), αποσκοπεί τα δίκτυα του μέλλοντος να απαιτούν την ελάχιστη ανθρώπινη συμμετοχή στο σχεδιασμό τους και στην βελτιστοποίηση των καθηκόντων. Πρόσφατα προστιθέμενοι σταθμοί βάσης είναι αυτό-ρυθμισμένοι σε μια «plug-and-play» μόδα , ενώ οι υφιστάμενες μονάδες βάσης συνεχώς αυτό-βελτιστοποιούν τους αλγόριθμους και τις παραμέτρους τους ώστε να ανταποκρίνονται στις αλλαγές των δικτύων, της κυκλοφορίας και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι προσαρμογές πραγματοποιούνται με σκοπό την παροχή διαθεσιμότητας των υπηρεσιών και την όσο το δυνατόν καλύτερη ποιότητα. Σε περίπτωση αποτυχίας μιας κυψέλης , οι μέθοδοι αυτό-ίασης θα δώσουν έναυσμα για την επίλυση στο μέτρο του δυνατού της κάλυψης χωρητικότητας.

Η αυτό-οργάνωση των ασύρματων δικτύων ,παρόλο που κερδίζει τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο την προσοχή της ερευνητικής κοινότητας και των σωματείων προτυποποίησης ,έχει ακόμη μακρύ δρόμο να διανύσει. Πολλές προκλήσεις παραμένουν και πρέπει να ξεπεραστούν για να επιτευχθεί ο κύριος στόχος που είναι η σταδιακή εισαγωγή του σχεδιασμού των δικτύων ,της βελτιστοποίησης ,της ρύθμισης και της ίασης ,σε ανεξάρτητες και αυτόνομες διαδικασίες που απαιτούν την ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Προβλέπεται μια σταδιακή και βαθμιαία εισαγωγή, όπου η επίδραση της συμπεριφοράς του δικτύου και της ποιότητας των υπηρεσιών θα έχει μελετηθεί σε βάθος πριν προχωρήσει στο επόμενο βήμα έτσι ώστε η εμπιστοσύνη των χειριστών να παραδώσει τον έλεγχο στους αυτόματους αλγόριθμους.

## **8.Βιβλιογραφία**

Socrates Website 2009 [Online] Available from <http://www.fp7-socrates.org>

Neil Scully, Stefan Thiel, Remco Litjens, Ljupco Jorguseski, Renato Nascimento, Ove Linnell, Kristina Zetterberg, Mehdi Amirijoo, Chris Blondia, Kathleen Spaey, Ingrid Moerman, Irina Balan, Thomas Kürner, Andreas Hecker, Thomas Jansen, Jakub Oszmianski, Lars Christoph Schmelz ,2008 ,Use Cases for Self-Organising Networks , [Online] ,1-71 ,Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

Lars Christoph Schmelz, Hans van den Berg, Remco Litjens, Ljupco Jorguseski, Renato Nascimento, Ulrich Tuerke, Ove Linnell, Kristina Zetterberg, Mehdi Amirijoo, Chris Blondia, Kathleen Spaey, Irina Balan, Thomas Kürner, Thomas Jansen, Neil Scully, Stefan Thiel, Jakub Oszmianski ,2008 ,Requirements for Self-Organising Networks , [Online] ,1-110 ,Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>



Kathleen Spaey, Remco Litjens, Hans van den Berg, Andreas Eisenblaetter, Mehdi Amirijoo, Kristina Zetterberg, Irina Balan, EhsanUllah Warriach, Thomas Jansen, Thomas Kürner, Peter Unger, Neil Scully, Jakub Oszmianski, Lars Christoph Schmelz ,2008 , Assessment criteria for self-organising networks , [Online] ,1-52 ,Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

Lars Christoph Schmelz, Hans van den Berg, Remco Litjens, Ljupco Jorguseski, Renato Nascimento, Ulrich Türke, Ove Linnell, Mehdi Amirijoo, Kristina Zetterberg, Kathleen Spaey, Irina Balan, Thomas Jansen, Neil Scully, Martin Döttling, Jakub Oszmianski ,2008 , Framework for the development of self-organisation methods , [Online] ,1-49 ,Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

Neil Scully, John Turk, Hans van den Berg, Irene Fernandez Diaz, Ljupčo Jorgušeski, Remco Litjens, Renato Nascimento, Ulrich Türke, Kristina Zetterberg, Mehdi Amirijoo, Kathleen Spaey, Thomas Jansen, Lars Christoph Schmelz, Martin Döttling, Jakub Oszmianski ,2008 , Review of use cases and framework , [Online] ,1-84 , Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

Kathleen Spaey, Chris Blondia, Hans van den Berg, Andreas Eisenblaetter, Ove Linnell, Thomas Jansen, Thomas Kürner, Neil Scully, Jakub Oszmianski, Lars Christoph Schmelz ,2008 , Dissemination plan , [Online] ,1-21 , Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

Lars Christoph Schmelz, Kathleen Spaey, Hans van den Berg, Ove Linnell, Thomas Kürner, Neil Scully ,2008 , Report on Dissemination and Standardisation Activities , [Online] ,1-21 , Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

J.L Van Den Berg, R. Litjens ,A. Eisenblatter ,M.Amirijoo ,O. Linnell ,c. Blondia ,T. Kürner ,N. Scully ,J. Ozmiansky ,2008 , SOCRATES: Self-Optimisation and self-ConfiguRATion in wireLESs networks , [Online] ,12-14 , Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

M. Amirijoo, R. Litjens, K. Spaey, M. Doettling, T. Jansen, N. Scully, U. Türke ,2008 , Use Cases, Requirements and Assessment Criteria for Future Self-Organising Radio Access Networks , [Online] ,6 , Available from <http://www.fp7-socrates.org/publications>

Ove Linnell, 2009 ,Algorithms for Self-optimisation, Presented at ICT Mobile Summit 2009 Pre-conferenceWorkshop on ‘Self-Organisation for Beyond 3G Wireless Networks , [Online] ,6 , Available from <http://www.fp7-socrates.org/presentations>

