

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Κορομηλάς Απόστολος
Α.Μ. 10106

Δομή παρουσίασης (1)

- **Ασύρματα δίκτυα-Εξέλιξη και κατανάλωση ενέργειας**
- **Ορισμός πράσινων επικοινωνιών – Μετρικές**
- **Πρόοδοι στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κύκλο επικοινωνιών**

Δομή παρουσίασης (2)

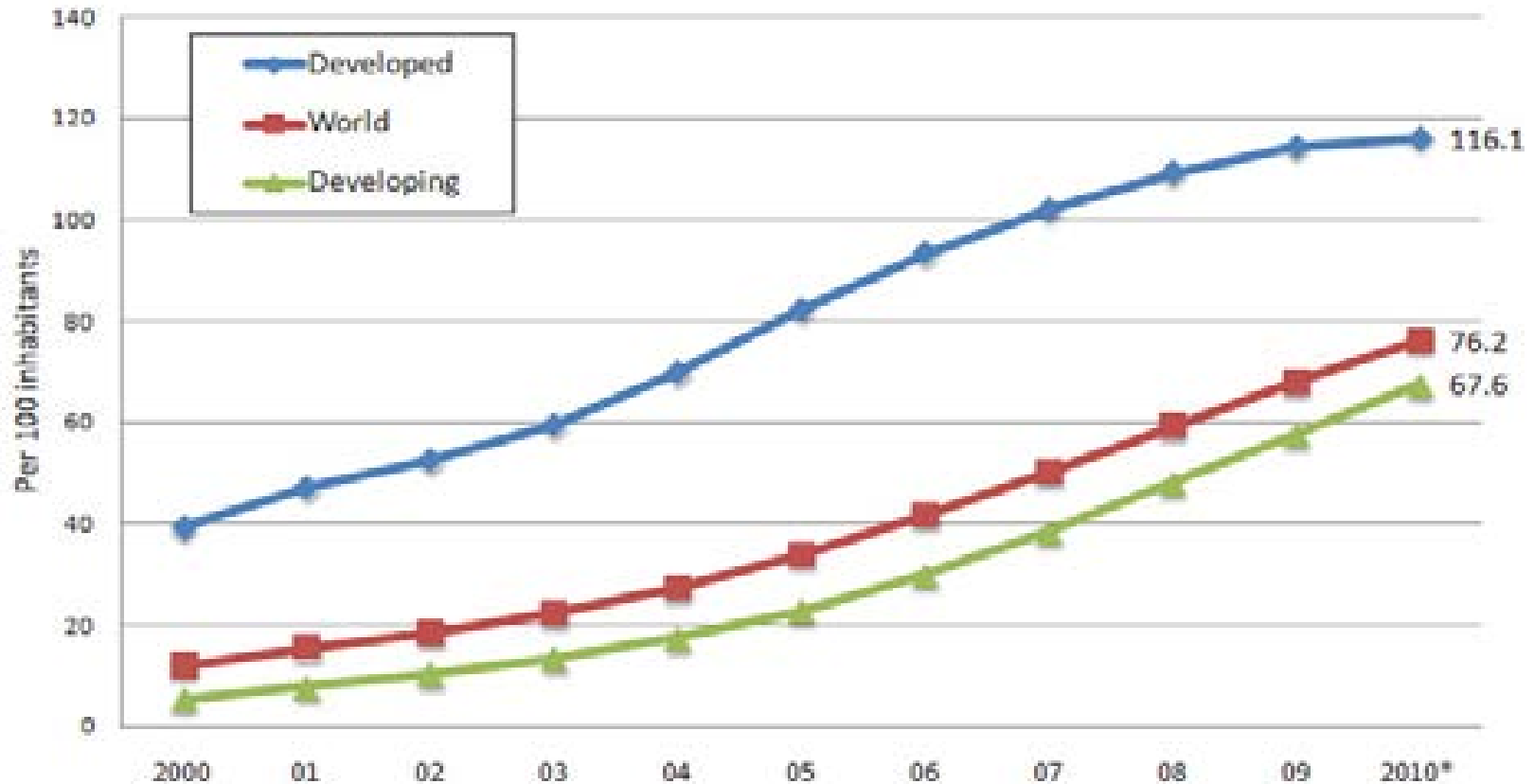
- **Πράσινοι σταθμοί βάσης**
- **Ολιστική ανάλυση ενέργειας σε ασύρματα δίκτυα**
- **Συμπεράσματα**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ(1)

- Τις τελευταίες δύο δεκαετίες οι ασύρματες επικοινωνίες εξελίχθηκαν από μία μικρή και για λίγους αγορά σε παγκόσμια διαθέσιμο και αναπόσπαστο στοιχείο της καθημερινής ζωής: από το πρώτο GSM τηλέφωνο το 1991 στη Φινλανδία μέχρι τους δύο δισεκατομμύρια GSM χρήστες μετά από 15 χρόνια. Ο συνολικός αριθμός των ασύρματων συνδέσεων ξεπερνά σήμερα τα 5 δισεκατομμύρια, αριθμός πάνω από το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού.

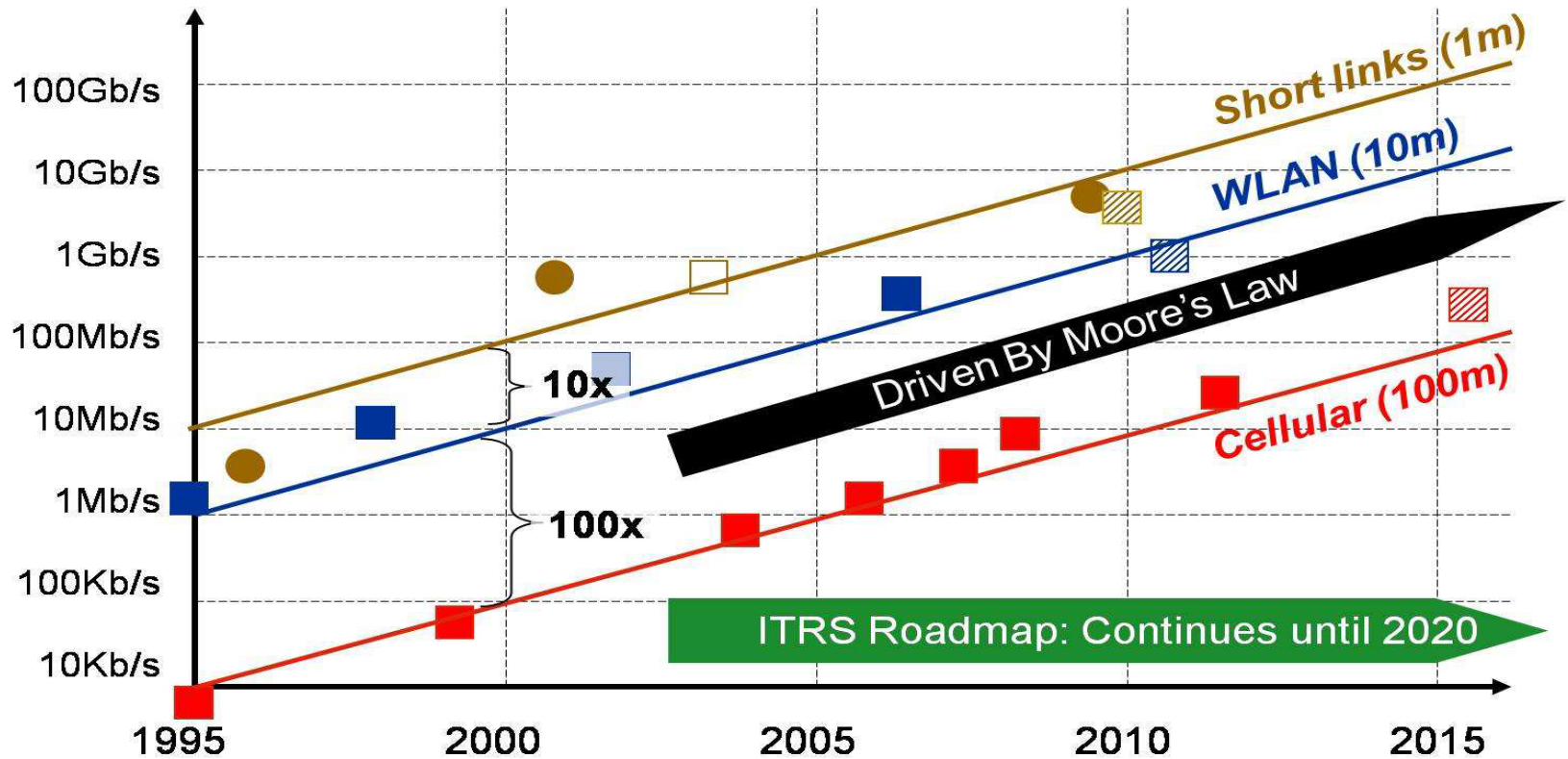
Συνδρομές ασύρματης επικοινωνίας

Mobile cellular subscriptions per 100 inhabitants, 2000-2010



*Estimates

Source: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database



Η Αύξηση των ασύρματων ρυθμών δεδομένων ακολουθεί προσεγγιστικά το νόμο Moore αυξανόμενη κατά ένα παράγοντα του 10 κάθε πέντε χρόνια

ΕΙΣΑΓΩΓΗ(2)

- Μέχρι πρόσφατα τα ασύρματα δίκτυα σχεδιάζονταν και εξελίσσονταν με γνώμονα την συνεχή πρόσβαση, την ποιότητα υπηρεσίας και τη διακίνηση μεγαλύτερου όγκου πληροφορίας.
- καθώς η μείωση κατανάλωσης ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος γίνονται γενικές απαιτήσεις οι έρευνες έχουν προσανατολιστεί σε μεγάλο ποσοστό στην σχεδίαση ‘πράσινων’ ασύρματων δικτύων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ(3)

- Ο κλάδος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (ICT) αντιστοιχεί στο 2% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG greenhouse gas) σήμερα, ποσοστό που αντιστοιχεί σε 0.9 γιγατόνους CO₂ ανά χρόνο
- Το 2020 , οι συνολικές εκπομπές του ICT τομέα αναμένεται να φτάσουν τα 1,43 γιγατόνους, περίπου το 3% των παγκόσμιων εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου

ΕΙΣΑΓΩΓΗ(4)

- Για τα πράσινα δίκτυα, εκτός του ότι στοχεύουν να ελαχιστοποιήσουν το περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα, υπάρχει και ισχυρό οικονομικό κίνητρο.
- η ενεργειακή κατανάλωση είναι κρίσιμη για τα κόστη λειτουργίας (operational costs, OPEX) για τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας.

Πρωτοβουλίες για ‘πράσινες’ επικοινωνίες (1)

- Η ‘**Green Touch**’ είναι μία κοινοπραξία με συντονιστή τα Bell Labs που στόχος της είναι να δημιουργήσει τεχνολογίες που θα καταστήσουν τα δίκτυα επικοινωνιών 50% λιγότερο ενεργοβόρα
- **GeSI (Global e-Sustainability Initiative)** με βασικός άξονας ότι ο ICT τομέας μπορεί να αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία οικονομίας με περιβαλλοντολογική ευαισθησία

Πρωτοβουλίες για ‘πράσινες’ επικοινωνίες (2)

- **Green Grid** - προσπαθεί να αναπτύξει μια κοινή μέθοδο μετρήσεων και να αναπτύξει τεχνολογικά και επιστημονικά εργαλεία για την επίτευξη των στόχων της ενεργειακής αποδοτικότητας.
- **EARTH (Energy Aware Radio and neTwork technologies)** με 15 εταίρους από 10 ευρωπαϊκές χώρες, με φιλόδοξους στόχους να αναπτύξει μια νέα γενιά από ενεργειακά εξελιγμένο εξοπλισμό, συμπεριλαμβάνοντας εξαρτήματα, ανάπτυξη στρατηγικών και λύσεις διαχείρισης δικτύου. Ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2010 και θα διαρκέσει μέχρι τον Ιούνιο του 2012.

Ορισμός πράσινων τηλεπικοινωνιών

- Ορισμός των πράσινων επικοινωνιών είναι η προσπάθεια να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση (αντίστοιχα μείωση εκπομπών CO₂) ενώ παράλληλα διατηρείται η ποιότητα υπηρεσίας (Quality of service ,QoS) σε όρους αναγκών κάλυψης, χωρητικότητας και αναγκών χρήστη.

Μετρώντας την ενεργειακή αποδοτικότητα - Μετρικές

- οι μετρικές ενεργειακής απόδοσης για τηλεπικοινωνιακά δίκτυα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: επίπεδο εγκατάστασης, επίπεδο εξοπλισμού και επίπεδο δικτύου
- Λόγω της εγγενούς διαφοράς των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και της συνάφειας των μετρικών επίδοσης, είναι αμφίβολο αν μια μετρική αρκεί

Μετρικές(1)

- PUE (Power Usage Efficiency)
- $PUE = (\text{Total facility Power}) / (\text{IT equipment Power})$
- καλή μετρική για να εκτιμηθεί η απόδοση των κέντρων δεδομένων
- ο λόγος της ενεργειακής κατανάλωσης προς κάποια μέτρηση επίδοσης του τηλεπικοινωνιακού συστήματος θα ήταν πιο κατάλληλη μετρική

Μετρικές(2)

- Telecommunications Equipment Energy Efficiency Rating (TEEER)
- $(\text{TEEER}) = -\log\left(\frac{P_{\text{total}}}{\text{Throughput}}\right)$
- Όπου η P_{total} δίνεται από την εξίσωση
$$P_{\text{total}} = 0.35 P_{\text{max}} + 0.4 P_{50} + 0.25 P_{\text{sleep}}$$

Πρόοδοι στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κύκλο επικοινωνιών

- **Εξορθολογισμός δικτύου πυρήνα**
- **Ενισχυτές**
- **Σχεδιασμός Δικτύου – Ετερογενής ανάπτυξη δικτύου**
- **Εργαλεία διαχείρισης ενέργειας**
- **Εισαγωγή εναλλακτικών μορφών ενέργειας**

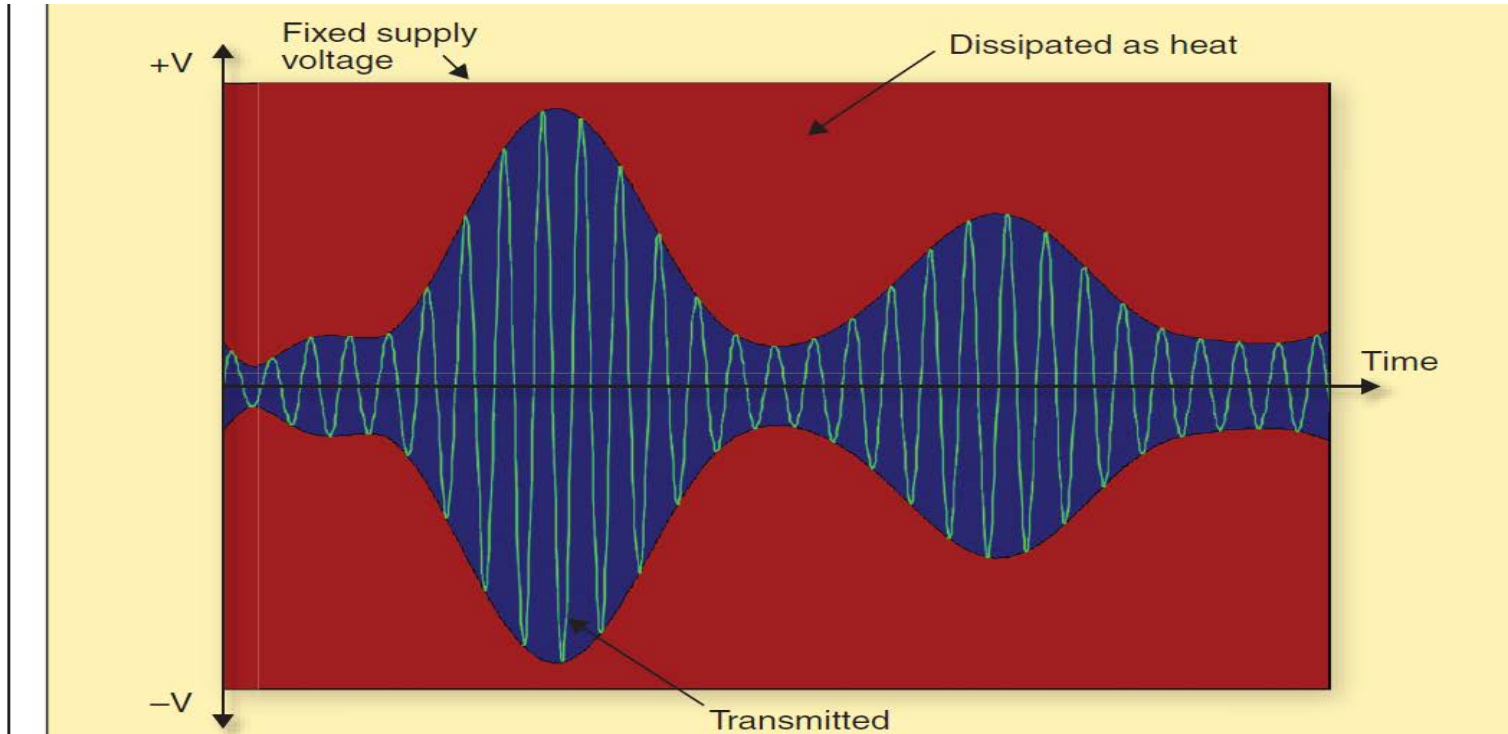
Εξορθολογισμός δικτύου πυρήνα

- απλοποίηση του δικτύου πυρήνα, και από την βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των soft switches (μεταγωγείς) μέσω των οποίων η ροή πληροφορίας δρομολογείται και ελέγχεται
- Η νέα τεχνολογία επιτρέπει την ανάπτυξη λιγότερων soft switches σε ένα ποσοστό 75%, χρησιμοποιεί λιγότερο χώρο και ενέργεια για ψύξη και είναι εύκολο να αναβαθμιστεί

Ενισχυτές (1)

- στο ραδιοδίκτυο αντιστοιχεί το 80% των αναγκών ενέργειας του σταθμού βάσης, 50% της οποίας καταναλώνεται από τον ενισχυτή ενέργειας
- μεγάλη έμφαση έχει δοθεί στην αύξηση αποδοτικότητας των ενισχυτών με διατήρηση της γραμμικότητας στο εύρος ζώνης λειτουργίας.

Ενισχυτές (2)



- : OFDM(1024 subcarriers) σήμα που ενισχύεται με σταθερή τάση εισόδου – πολύ μεγάλο το ποσό θερμότητας
- Για ενεργειακή αποδοτικότητα, η μέση ισχύς εισόδου στον ενισχυτή πρέπει να διατηρηθεί όσο το δυνατόν κοντά στην ισχύ που χρειάζεται για να μεταδοθεί το σήμα

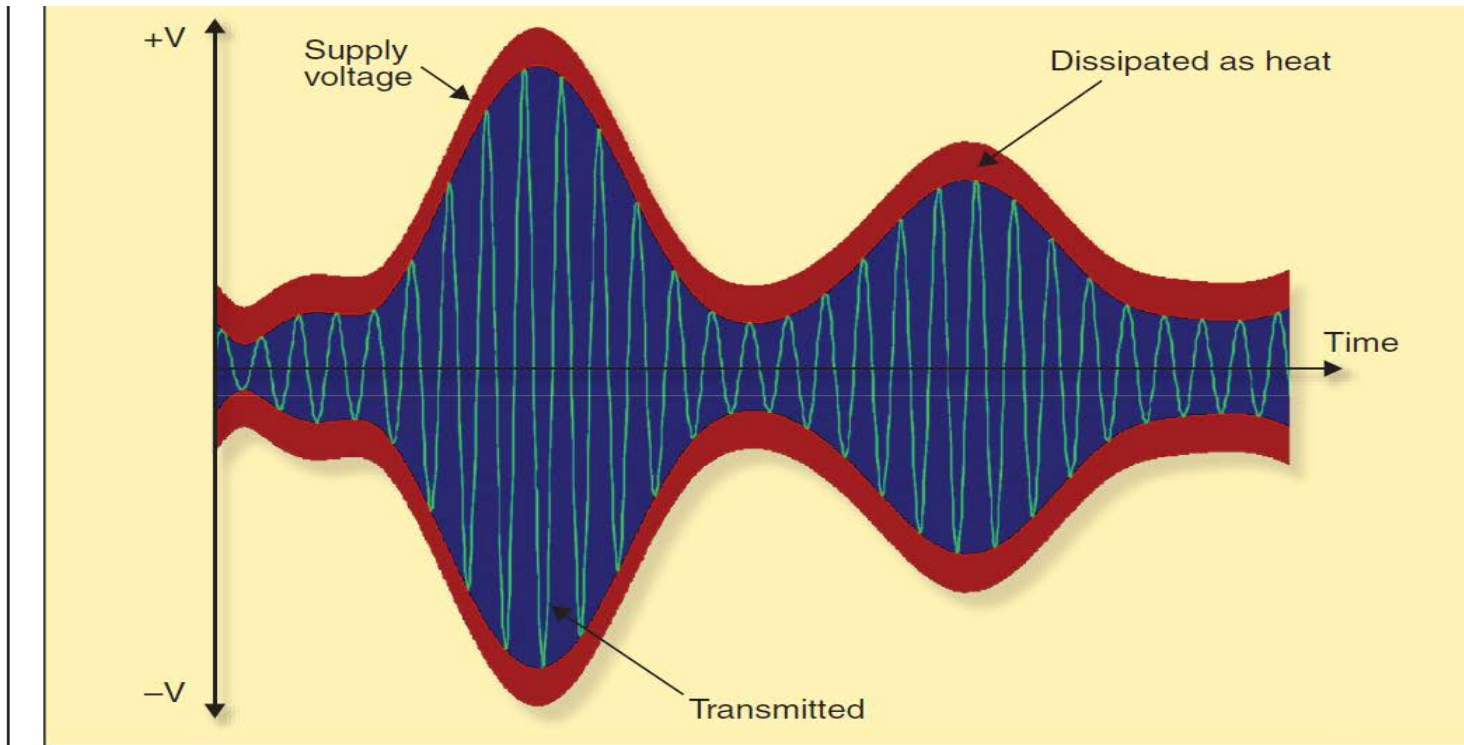
Ενισχυτές (3)

- **DPD και Doherty Power Amplifiers**
- Ο Doherty ενισχυτής ισχύος έχει προταθεί από το 1936: χρησιμοποιεί δύο ενισχυτικές συσκευές παράλληλα συνδεδεμένες, με τις εξόδους τους συνδυασμένες
- Ένας ενισχυτής φέροντος, λειτουργώντας σε class A/B, παρέχει όλη την εκπεμπόμενη ισχύ μέχρι που η αναγκαία ισχύς δημιουργεί μη γραμμική περιοχή. Ένας peaking ενισχυτής, λειτουργώντας στην class C, παρέχει επιπλέον ισχύ όταν το φέρον μπαίνει στη μη γραμμική περιοχή
- Η τυπική αποδοτικότητα που επιτυγχάνεται είναι 25 με 30%

Ενισχυτές (4)

- **Envelope Tracking Technology**
- Η βασική ιδέα του envelope tracking είναι η ακόλουθη: αντί της αλλαγής του σήματος για να ταιριάζει στα χαρακτηριστικά του ενισχυτή, δυναμικά να προσαρμοστεί η τάση του ενισχυτή ώστε να ταιριάζει στο σήμα που θα ενισχυθεί

Ενισχυτές (5)



- Η τάση εισόδου του ενισχυτή μπορεί να είναι μεταβλητή όταν χρησιμοποιείται envelope tracking, και έτσι μικρό ποσοστό ενέργειας χάνεται σε θερμότητα

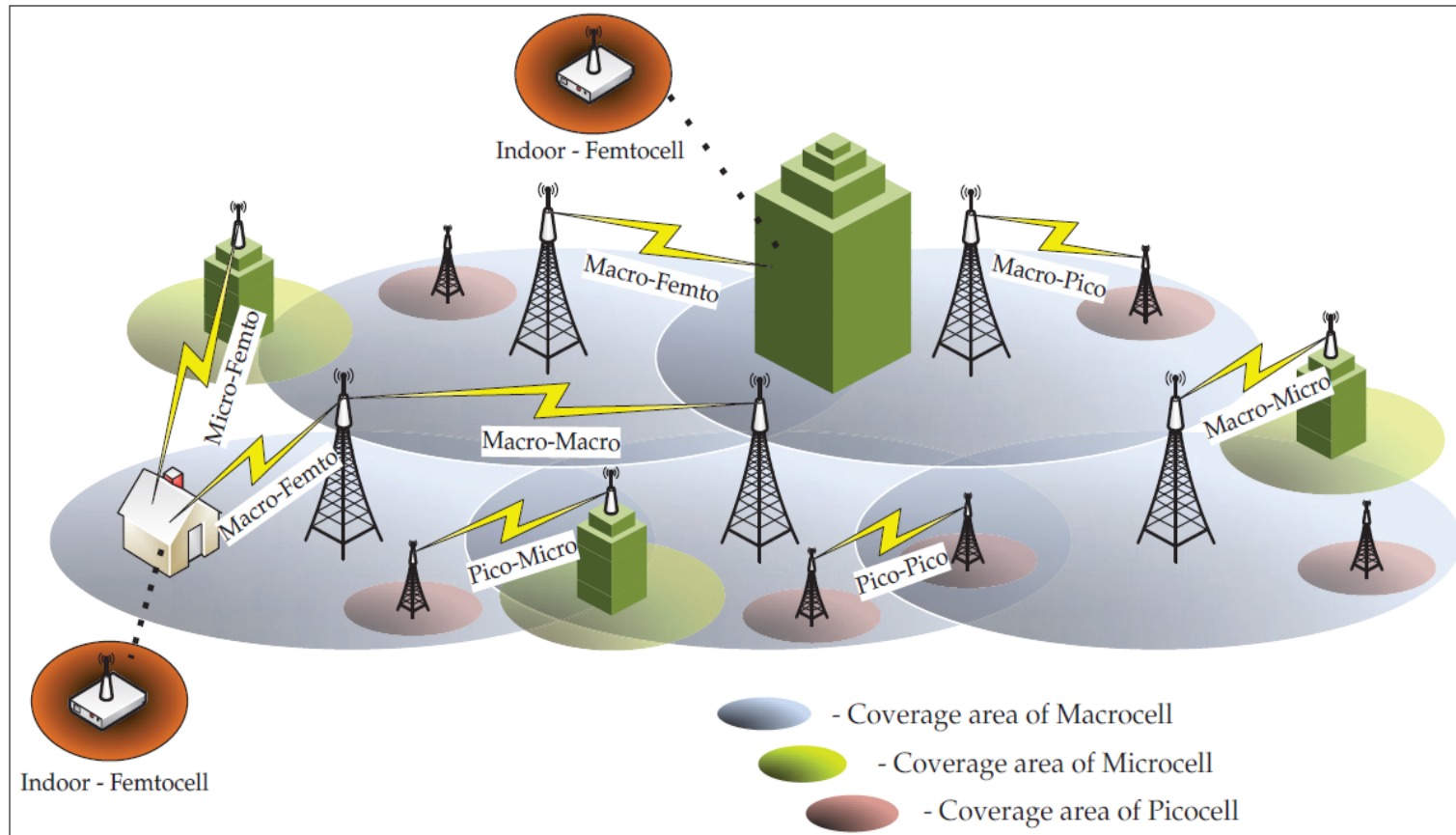
Ενισχυτές (6)

- Πίνακας σύγκρισης

20000 σταθμοί βάσης	Παραδοσιακή τεχνολογία	Doherty Τεχνολογία	Envelope tracking (HAT) τεχνολογία
Αποδοτικότητα ενισχυτή ισχύος	15%	25%	45%
Κατανάλωση ενέργειας	51,7 MW	27,2 MW	16,1 MW
Κόστος ενέργειας	\$ 54,3 M	\$ 28,6 M	\$ 17,0 M
CO ₂ εκπομπές	194600 τόνους	102400 τόνους	60800 τόνους

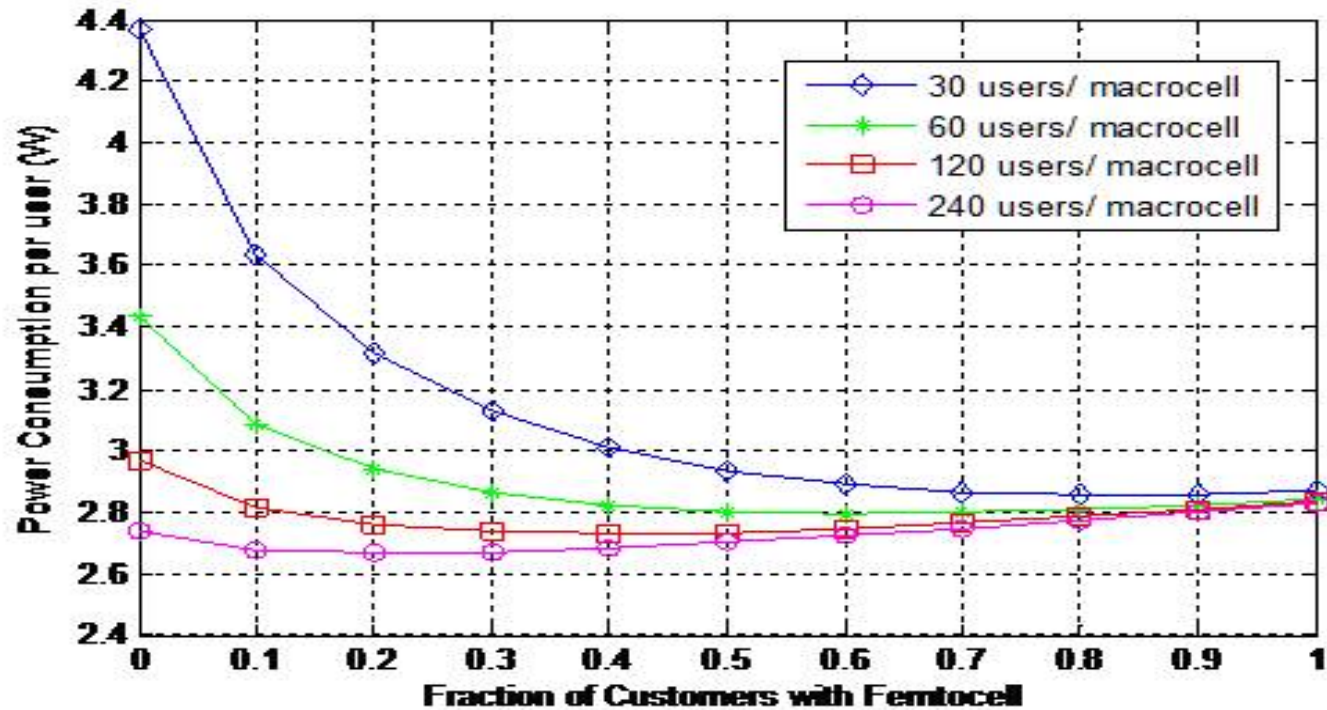
Σχεδιασμός Δικτύου – Ετερογενής ανάπτυξη δικτύου

- Οι μακροκυψέλες είναι γενικά σχεδιασμένες για να παρέχουν μεγάλη κάλυψη και δεν είναι αποδοτικές για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- Ένας προφανής τρόπος να γίνουν τα κυψελωτά δίκτυα περισσότερο αποδοτικά αναφορικά με την ενέργεια που καταναλώνουν με ταυτόχρονη διατήρηση των υψηλών ρυθμών μετάδοσης είναι η μείωση της απόστασης των κόμβων που ισοδυναμεί με ελάττωση της εκπεμπόμενης ισχύος.
- Συνεπώς, η ανάπτυξη κυψελωτών δικτύων που βασίζεται σε μικρότερες κυψέλες όπως micro, pico και femto είναι πολλά υποσχόμενη για το μέλλον.



- Μία τυπική ετερογενής ανάπτυξη δικτύου

Προσομοίωση στα Femtocells (α)



- Ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήστη σε σχέση με το ποσοστό χρηστών με femtocell
- Η ενεργειακή αποδοτικότητα εξαρτάται από την πυκνότητα πληθυσμού

Προσομοίωση στα femtocells (β)

- Τα femtocells είναι δυνατόν να ελαττώσουν την ενεργειακή κατανάλωση του δικτύου αλλά κυρίως σε περιπτώσεις που τα femtocells απενεργοποιούνται όταν δεν υπάρχει εισερχόμενη κίνηση

Προσομοίωση στα femtocells (β)

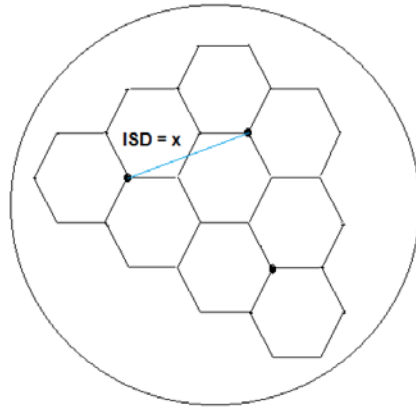
- Το παρακάτω μοντέλο περιγράφει την ενεργειακή κατανάλωση ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο στο δίκτυο

- $$(E/A)_{Ntw} = \frac{N_{Site}^{New} N_{Cell} (P_{Oper} + \lambda^{New} P_{Tx})}{N_{Site} A_{Site}} 24 h + \frac{N_{Cell} N_F P_F}{A_{Site}} 24 h$$

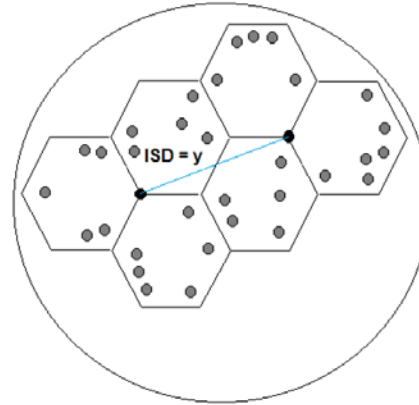
-

-

Προσομοίωση στα femtocells (β)



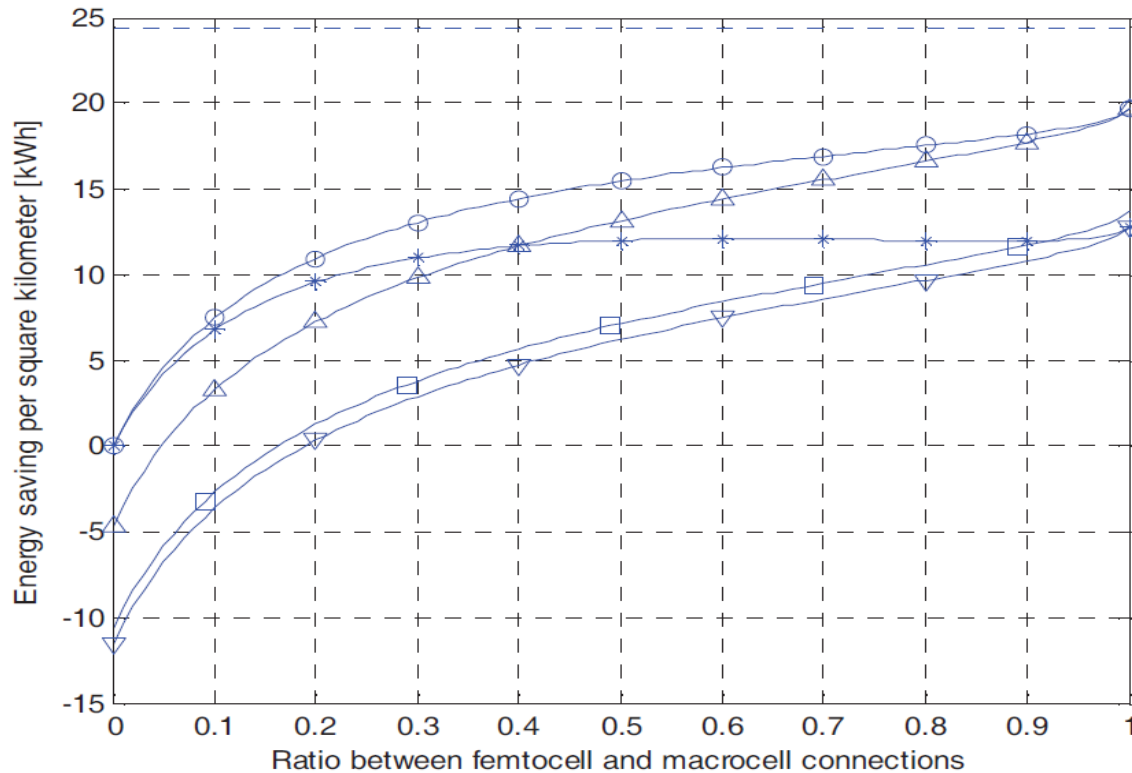
Network 1



Network 2

- Σενάριο σύγκρισης : Υποθέτουμε ότι η macrocell ISD δεν είναι δεδομένη, αλλά αντίθετα εμείς θέτουμε το στόχο φόρτου σε macrocells. Αφού και τα femtocells παίρνουν μέρος κίνησης, ο απαιτούμενος αριθμός των macrocell BS μειώνεται λόγω cell breathing

Προσομοίωση στα femtocells (β)

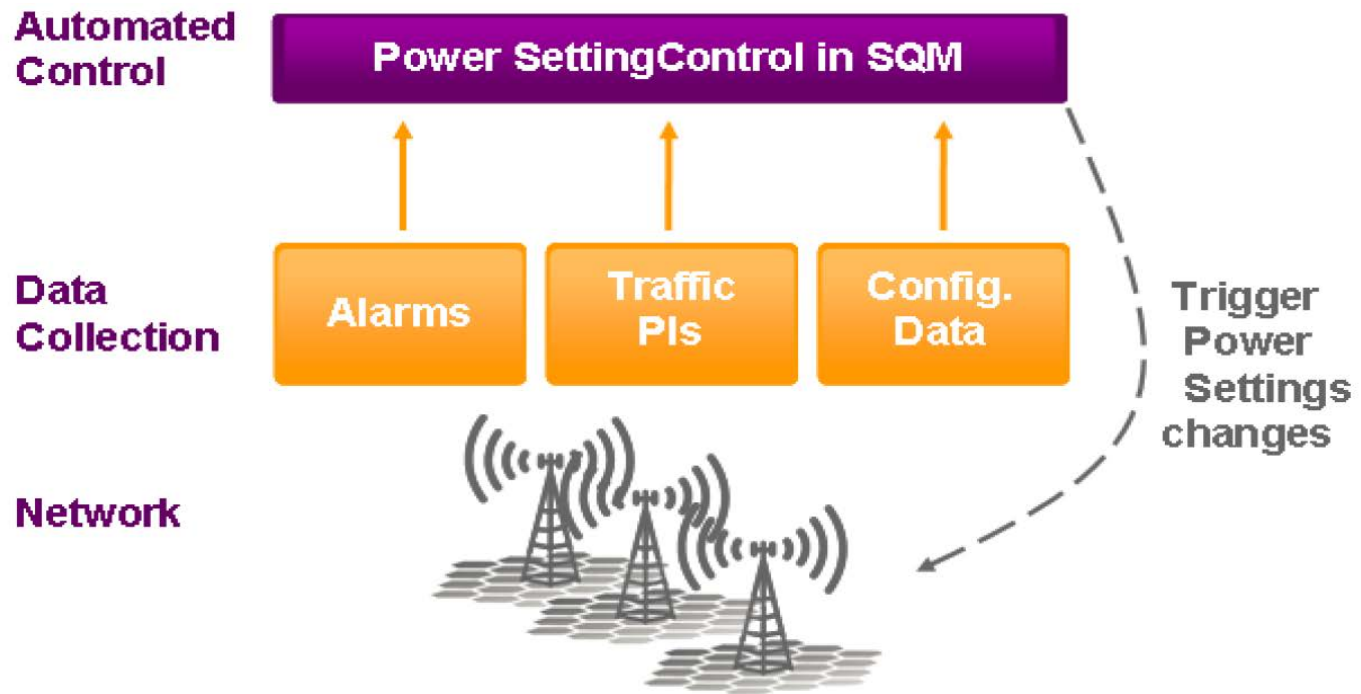


- Ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανά τετρ. χιλιόμετρο σε σχέση με το λόγο femtocell και macrocell συνδέσεων

Εργαλεία διαχείρισης ενέργειας (1)

- οι πάροχοι ασύρματης επικοινωνίας έχουν προτείνει την υιοθέτηση έξυπνου λογισμικού για οικονομία ενέργειας σε σταθμούς βάσης
- Nokia Siemens Networks' NetAct Service Quality Manager (SQM) είναι μία λύση λογισμικού για διαχείριση διαθέσιμης χωρητικότητας (capacity) όταν ο φόρτος κίνησης είναι χαμηλός

Εργαλεία διαχείρισης ενέργειας(2)



- Λειτουργία SQM

Εργαλεία διαχείρισης ενέργειας(3)

- *εξοικονόμηση ενέργειας σταθμού βάσης τη νύχτα*, που επιτρέπει στο διαχειριστή να θέσει ένα χρονικό παράθυρο κατά τη διάρκεια του οποίου η χωρητικότητα του σταθμού βάσης μπορεί να μειωθεί.
- Η πραγματική απόφαση χωρητικότητας παίρνεται σε συμφωνία με ένα προφίλ κίνησης που υπολογίζεται για τις ώρες της εβδομάδας, και μόνο μετά από μια σειρά προϋποθέσεις που πληρούνται:
 - Η παρούσα κίνηση είναι κάτω από ένα ρυθμιζόμενο κατώφλι.
 - Η παρούσα κίνηση είναι μέσα στο αναμενόμενο προφίλ(έτσι η κίνηση που προβλέπεται να μην υπερβεί σημαντικά την αναμενόμενη τιμή)
 - Η αναμενόμενη κίνηση την επόμενη ώρα να είναι κάτω από το κατώφλι
 - Δεν είναι προγραμματισμένα για την επόμενη ώρα γεγονότα ή σχετικές ειδοποιήσεις.

Εισαγωγή εναλλακτικών μορφών ενέργειας (1)

- ενεργειακή ανεξαρτησία
- ελαχιστοποίηση της μεταφοράς και του κόστους του καυσίμου
- υψηλές σχεδιαστικές απαιτήσεις συστημάτων που βασίζονται σε πιθανά ασταθείς ενεργειακές πηγές

Εισαγωγή εναλλακτικών μορφών ενέργειας (2)

- 40000 σταθμοί βάσης λειτουργούν στην Αφρική που οι περισσότεροι λειτουργούν με ντίζελ καταναλώνοντας περίπου 20000 It κάθε χρόνο ανά σταθμό βάσης
- το κόστος ενός σταθμού βάσης που λειτουργεί με ντίζελ υπερβαίνει τα 30000 \$ ανά έτος

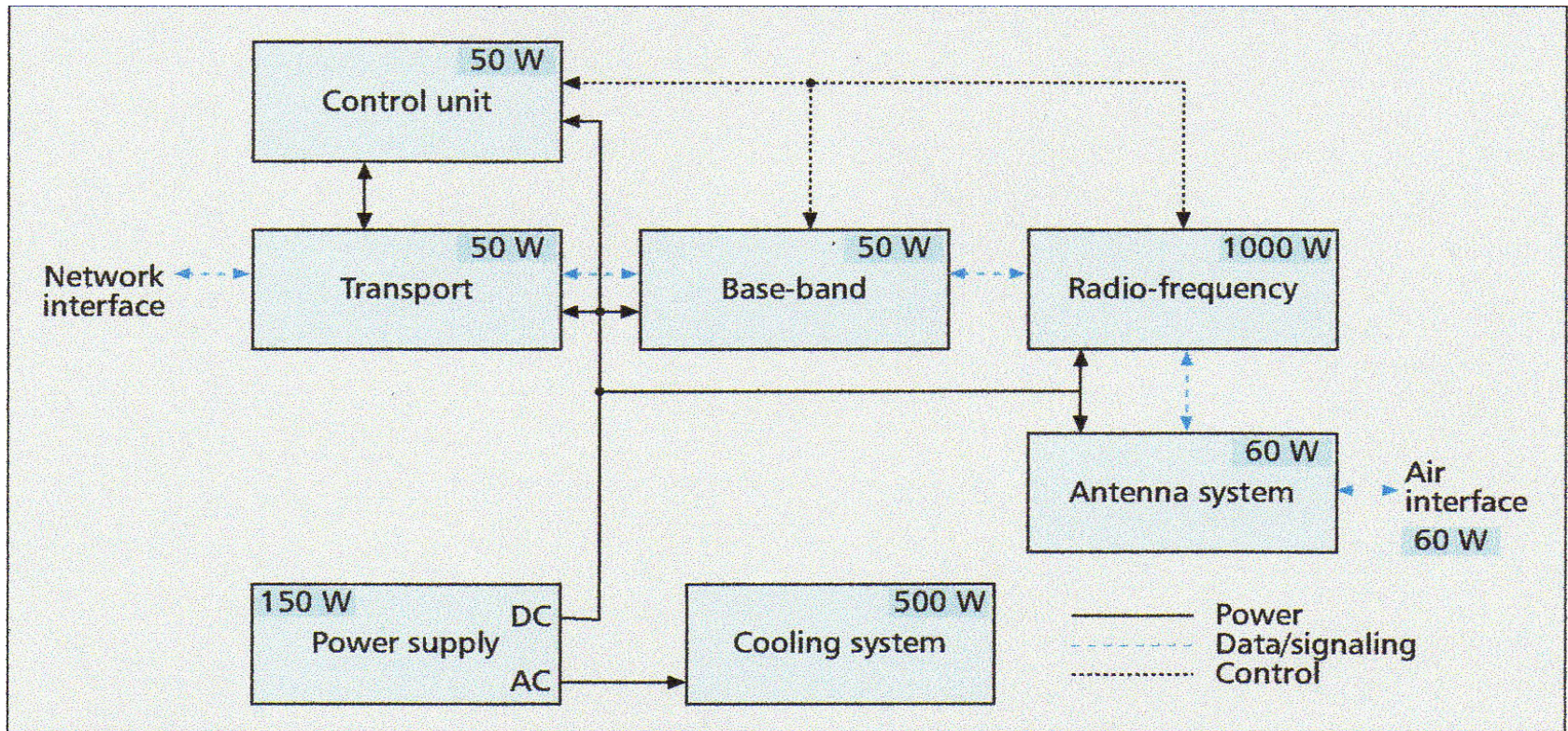
Εισαγωγή εναλλακτικών μορφών ενέργειας (3)

- E- site, έχει μια αιολική τουρμπίνα και ηλιακά πάνελς
- Ένας E-site είναι ελαφρά πιο ακριβός, αλλά για το επιπλέον κόστος γίνεται απόσβεση σε 15 με 18 μήνες
- Οι εταιρείες θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν 120000\$ με 150000\$ σε μειωμένα λειτουργικά έξοδα σε μια περίοδο πέντε ετών χρησιμοποιώντας εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

Σταθμοί βάσης

- οι σταθμοί βάσης είναι υπεύθυνοι για περισσότερο από το 80% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του παρόχου, πράγμα που δείχνει ότι η σχεδίαση των σταθμών βάσης αποτελεί στοιχείο κλειδί για τον καθορισμό του περιβαλλοντικού αντικτύπου και του κόστους λειτουργίας.
- Ένα μετρίου μεγέθους δίκτυο αποτελούμενο από 12-1500 cell sites , καθένα εξοπλισμένο με δύο τεχνολογίες (2G και 3G) και περίπου 3 κεραίες ανά τεχνολογία καταναλώνει περίπου 736000 MWh που είναι αντίστοιχη με την ενέργεια 168000 ευρωπαϊκών νοικοκυριών.

Αρχιτεκτονική ενός σταθμού βάσης



- Σύνθεση ενός σταθμού βάσης. Ένα μικρό ποσοστό (60 W της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης των 2kW) εκπέμπεται στον αέρα

Πράσινοι σταθμοί βάσης(1)

- Ανάγκη για πιο ευέλικτους, μικρότερου μεγέθους σταθμούς βάσης, ευκολότερα αναβαθμίσιμους και να υποστηρίζουν πολλαπλές τεχνολογίες
- Η μονάδα βασικής ζώνης μπορεί να έχει μικρό μέγεθος και να μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα σε υπάρχοντες χώρους όπως της παροχής ενέργειας ή του εξοπλισμού μετάδοσης
- Χωρίς τη χρησιμοποίηση γραμμής τροφοδοσίας αποφεύγονται τα 3 dB απώλειες λόγω απόστασης από την κεραία

Πράσινοι σταθμοί βάσης(2)

	Ποσοστό κόστους σε παραδοσιακούς σταθμούς βάσης	Σχετική εξοικονόμηση με τις τεχνολογικές εξελίξεις	Απόλυτη εξοικονόμηση με τις τεχνολογικές εξελίξεις
Έλεγχος και μετάδοση	≤5%	≤60%	≤3%
Ψηφιακή επεξεργασία	≤10%	≤50%	≤5%
Ενισχυτές (RF)	30-60%	~40%	~15%
Σύστημα κεραιών	15-20%	~50%	~10%
Air conditioning	10-25%	100%	10-25%
AC/DC	~10%	100%	~10%
Σύνολο	100%	N/A	50-68%

Πρωτόκολλα εξοικονόμησης ενέργειας στους σταθμούς βάσης(1)

- οι σταθμοί βάσης και τα κινητά τερματικά είναι υποχρεωμένα να εκπέμπουν συνεχώς πιλοτικά σήματα
- Το LTE πρότυπο εισάγει αυτό τον τρόπο με πρωτόκολλα εξοικονόμησης ενέργειας όπως μη συνεχή λήψη (discontinuous reception DRX) και μη συνεχή εκπομπή (discontinuous transmission DTX) modes για το κινητό hand set. Οι DTX και DRX είναι μέθοδοι που απενεργοποιούν τις συσκευές για εξοικονόμηση ενέργειας μένοντας παράλληλα συνδεδεμένες στο δίκτυο με μειωμένο ρυθμό μετάδοσης

Πρωτόκολλα εξοικονόμησης ενέργειας στους σταθμούς βάσης(2)

- Στα μελλοντικά ασύρματα πρότυπα , η δυναμική εξοικονόμησης ενέργειας των σταθμών βάσης πρέπει να αξιοποιηθεί σχεδιάζοντας πρωτόκολλα για sleep mode σε σταθμούς βάσης

Ολιστική Ανάλυση ενέργειας στα ασύρματα δίκτυα

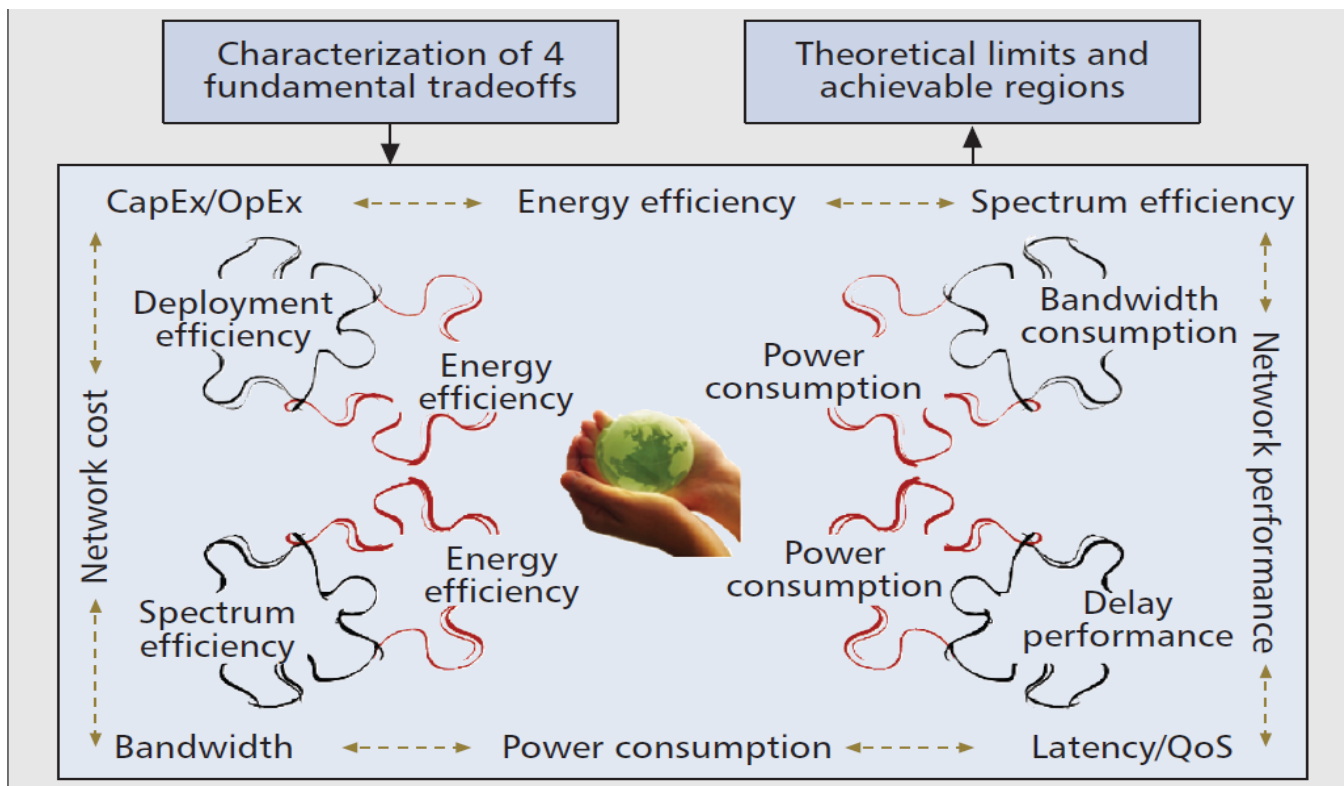
- Μία ολιστική θεώρηση που περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση μεταξύ επιπέδων, καθώς και τις συσχετίσεις των μεμονωμένων εξελίξεων, θα επιφέρει τη συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα.

Βασικές Αρχές αντισταθμισμάτων (trade offs)

- ποικίλες τεχνικές για μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στα ασύρματα δίκτυα κάτω από ένα γενικό πλαίσιο
- 4 βασικά αντισταθμίσιμα

Βασικές Αρχές αντισταθμισμάτων (trade offs)

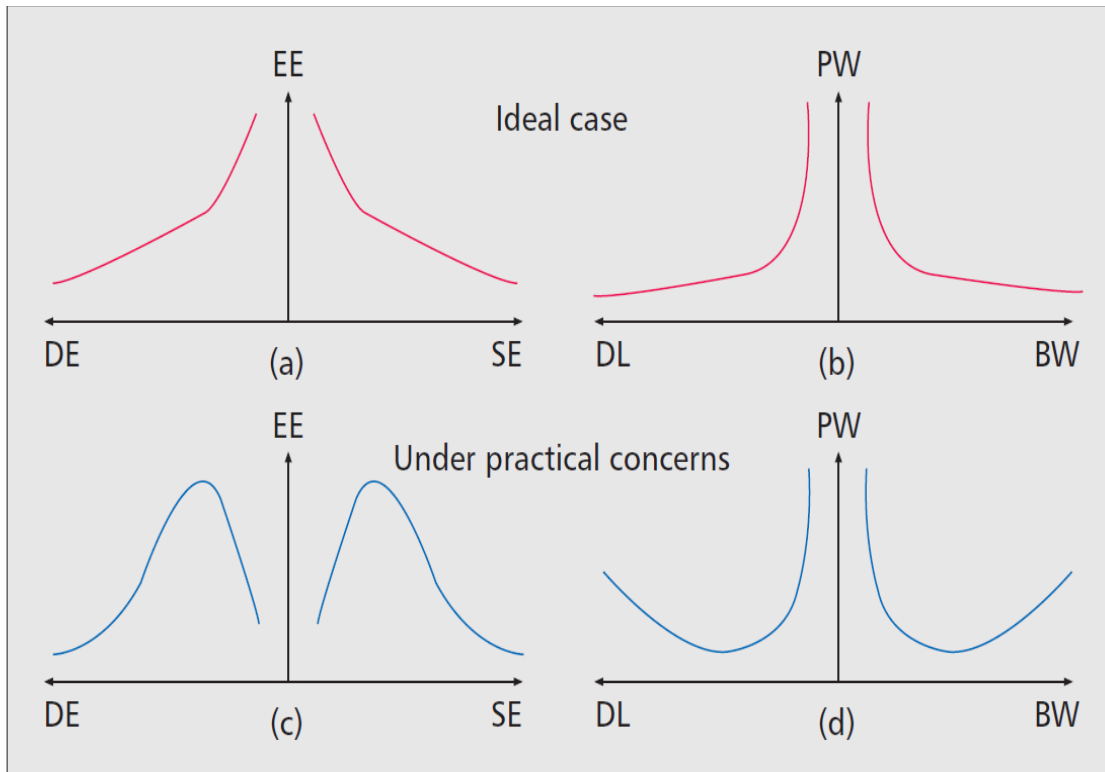
- Αποδοτική Ανάπτυξη (Deployment Efficiency DE) – Ενεργειακή αποδοτικότητα (Energy Efficiency EE) αντιστάθμισμα
- Αποδοτικότητα φάσματος (Spectrum Efficiency SE) – EE
- Εύρος ζώνης (Bandwidth BW)- ισχύς (Power PW)
- Καθυστέρηση (Delay DL) – PW



- Τα 4 βασικά αντισταθμίσιμα

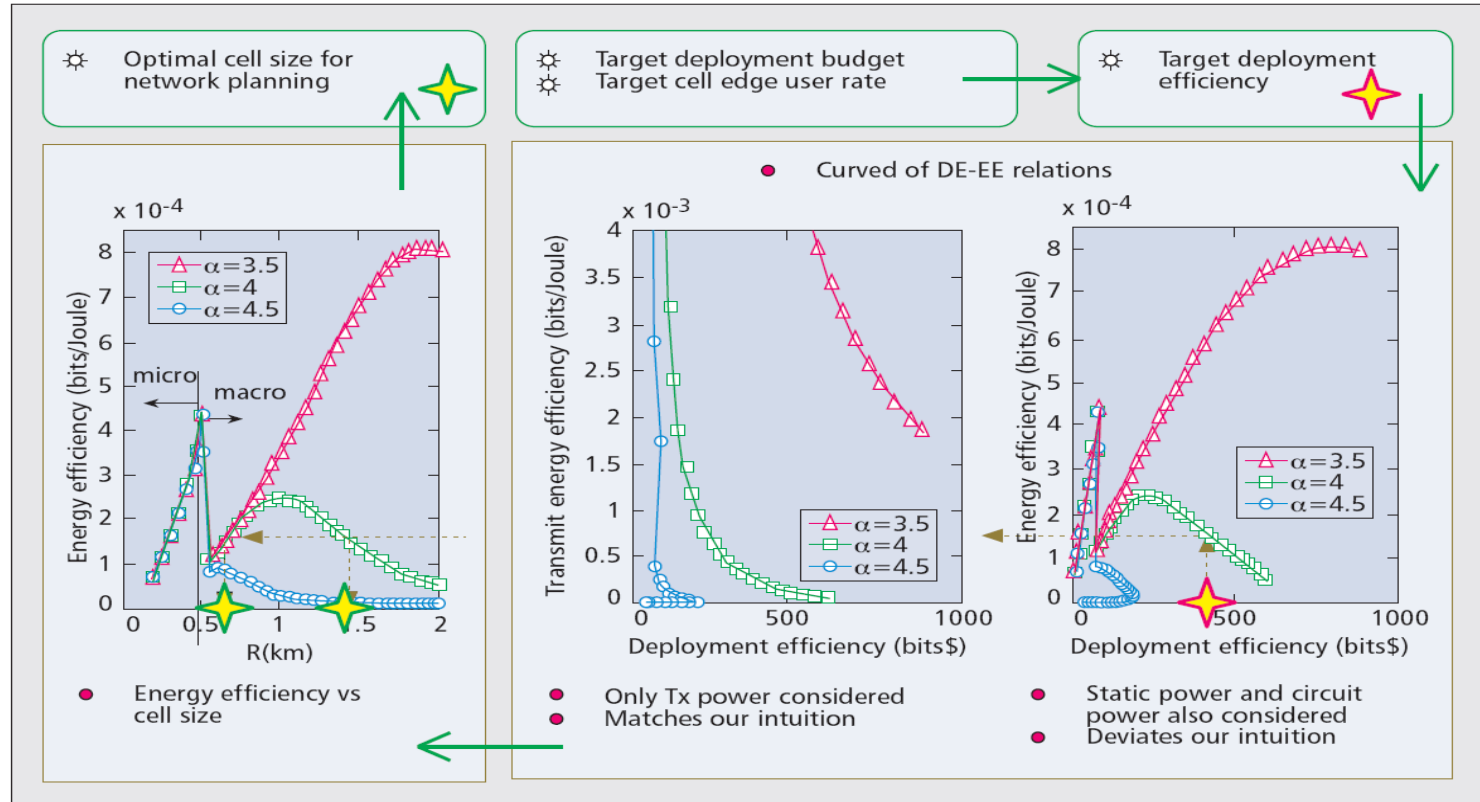
DE-EE αντιστάθμισμα

- DE, μια μέτρηση του μέγιστου ρυθμού μετάδοσης του συστήματος ανά μονάδα κόστους ανάπτυξης
- Συνήθως, γίνεται εκτίμηση των CapEx και OpEx κατά τη σχεδίαση του δικτύου.
- Αντίθετα συνήθως, ο EE υπολογίζεται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του δικτύου
- Οι δύο διαφορετικές μετρικές συχνά οδηγούν σε αντίθετα κριτήρια στο σχεδιασμό δικτύου



- Σχέσεις των 4 αντισταθμισμάτων θεωρητικά και στην πράξη

DE-EE αντιστάθμιση



- Αποτελέσματα της σχέσης DE-EE για διαφορετικούς εκθέτες απώλειας διαδρομής α

SE/EE αντιστάθμιση

- SE ορίζεται ως ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης του συστήματος ανά μονάδα εύρους ζώνης, είναι ένα ευρέως αποδεκτό κριτήριο για βελτιστοποίηση ασύρματου δικτύου
- το πως θα ισορροπήσουν οι δύο μετρικές SE και EE στα μελλοντικά συστήματα απαιτεί προσεκτική μελέτη

SE/EE αντιστάθμιση

- $$nEE = \frac{nSE}{(2^{nSE} - 1)No}$$
- οι συνθήκες μετάδοσης και στρατηγικές , όπως η απόσταση εκπομπής, διαμόρφωση, κωδικοποίηση, αλγόριθμοι διαχείρισης πόρων έχουν μια σημαντική επίδραση στο αντιστάθμιση SE και EE.

BW/PW αντιστάθμιση

- , η σχέση μεταξύ της εκπεμπόμενης ισχύος και εύρος ζώνης σήματος για ένα δεδομένο ρυθμό μετάδοσης, R , μπορεί να εκφραστεί ως

- $$P = W N_0 \left(2^{\frac{R}{W}} - 1 \right)$$

BW/PW αντιστάθμιση

- Η σχέση BW-PW δείχνει ότι για δεδομένο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, η επέκταση του εύρους ζώνης σήματος προτιμάται με σκοπό να μειωθεί η εκπεμπόμενη ισχύς και άρα να επιτευχθεί καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα
- στα GSM συστήματα, το εύρος ζώνης ανά φέρον είναι 200 kHz όταν είναι 5 MHz στα UMTS συστήματα

BW/PW αντιστάθμισμα

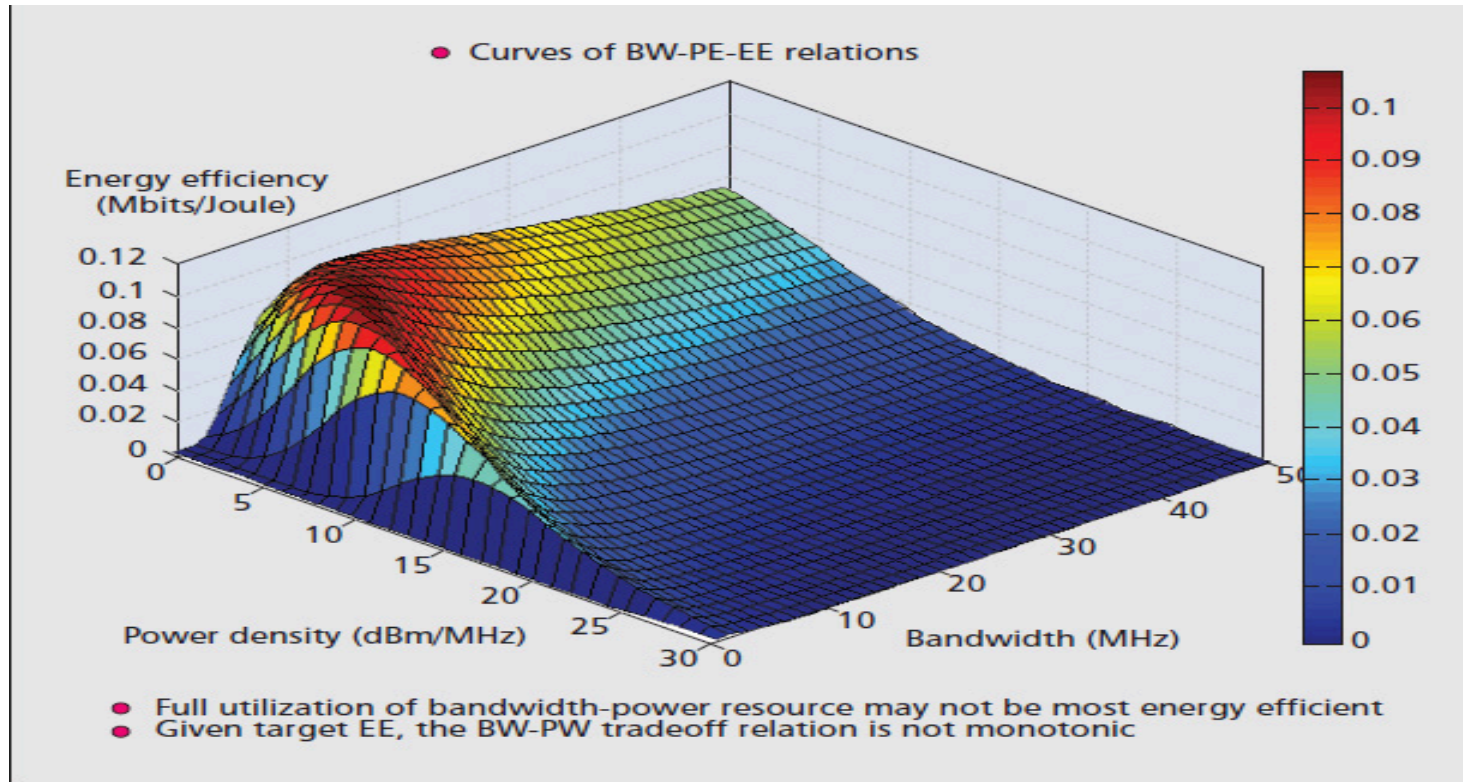


Figure 4. Peak vs. BW-PW-EE relation for full transmission rate

- Αποτελέσματα της σχέσης BW-PW-EE για δεδομένο ρυθμό μετάδοσης

BW/PW αντιστάθμιση

- Αν η PW κυκλώματος μεταβάλλεται με το BW εκπομπής (για καθορισμένη πυκνότητα φάσματος ισχύος), η πλήρης αξιοποίηση των πόρων ισχύος φάσματος μπορεί να μην είναι ο πιο ενεργειακά αποδοτικός τρόπος για παροχή ασύρματης μετάδοσης κάτω από δεδομένο ρυθμό διάδοσης.
- Με δεδομένο στόχο EE , η σχέση BW - PW δεν είναι μονοτονική.

BW/PW αντιστάθμιση

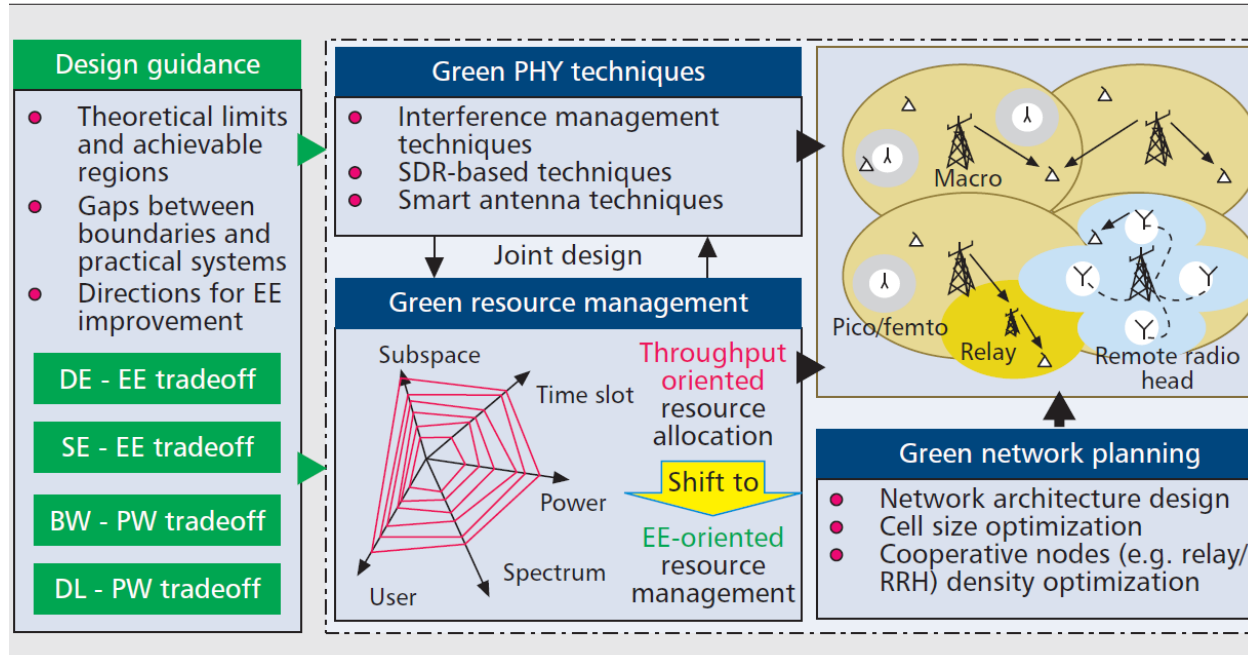
- το GSM και UMTS , χρησιμοποιούν δεδομένο BW εκπομπής, άρα σε αυτά τα συστήματα δεν είναι δυνατή η δυναμική BW προσαρμογή.
- Με την εξέλιξη των ασύρματων τεχνολογιών, η μελλοντική ανάπτυξη των συστημάτων LTE ή LTE-Advanced παρέχουν μεγαλύτερη ελαστικότητα χρήσης φάσματος έτσι ώστε το BW εκπομπής να μπορεί να ρυθμιστεί για διαφορετικές εφαρμογές

DL-PW αντιστάθμισμα

- DL (καθυστέρηση) , είναι μια μέτρηση του QoS και της εμπειρίας χρήστη και είναι πιο κοντά στα ανώτερα επιπέδα από το φυσικό

$$P_b = WN_0 t_b \left(2^{\frac{1}{t_b W}} - 1 \right).$$

- Τα μελλοντικά δίκτυα έχουν να διαχειριστούν ποικίλες εφαρμογές και ετερογενείς απαιτήσεις DL. Ως εκ τούτου, με σκοπό τη δημιουργία 'πράσινου' δικτύου, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πότε και πώς να συναλλασόμαστε ανεκτό DL για χαμηλή ισχύ.

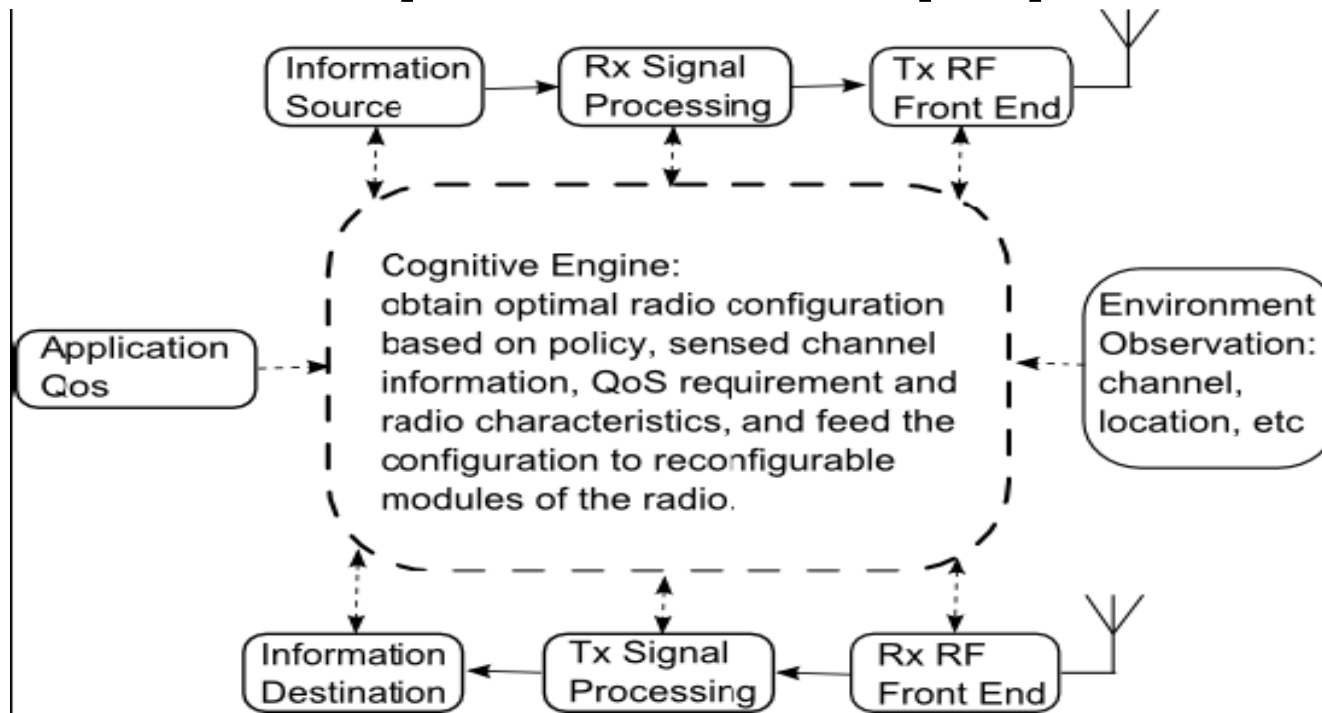


- Μία σύνοψη που δείχνει πως το βασικό πλαίσιο οδηγεί σε συγκεκριμένη σχεδίαση συστήματος

Cross Layer (δια επιπεδική) σχεδίαση για ενεργειακή αποδοτικότητα.

- μια δια επιπεδική σχεδίαση θα μπορούσε να δημιουργήσει κέρδη επιδόσεων σχεδιάζοντας πρωτόκολλα με αλληλεπίδραση ανάμεσα στα διαφορετικά επίπεδα

Cognitive Radio(γνωσιακή ραδιοεπικοινωνία) για ενεργειακή βελτιστοποίηση

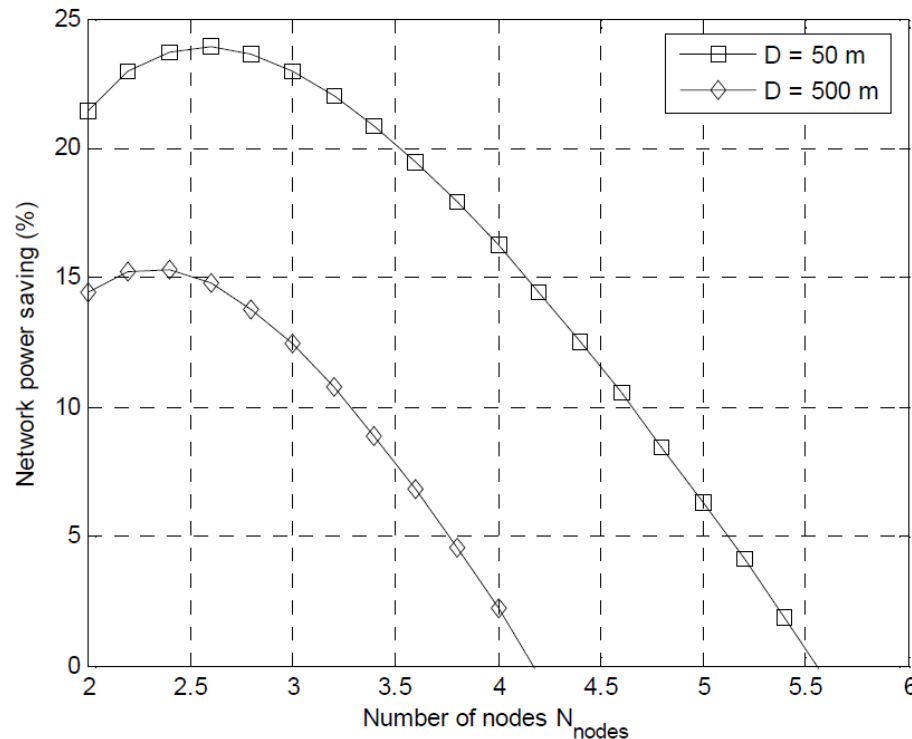


- CR πλαίσιο για ενεργειακή βελτιστοποίηση

Συντονισμένη διαχείριση για βελτίωση αποδοτικότητας

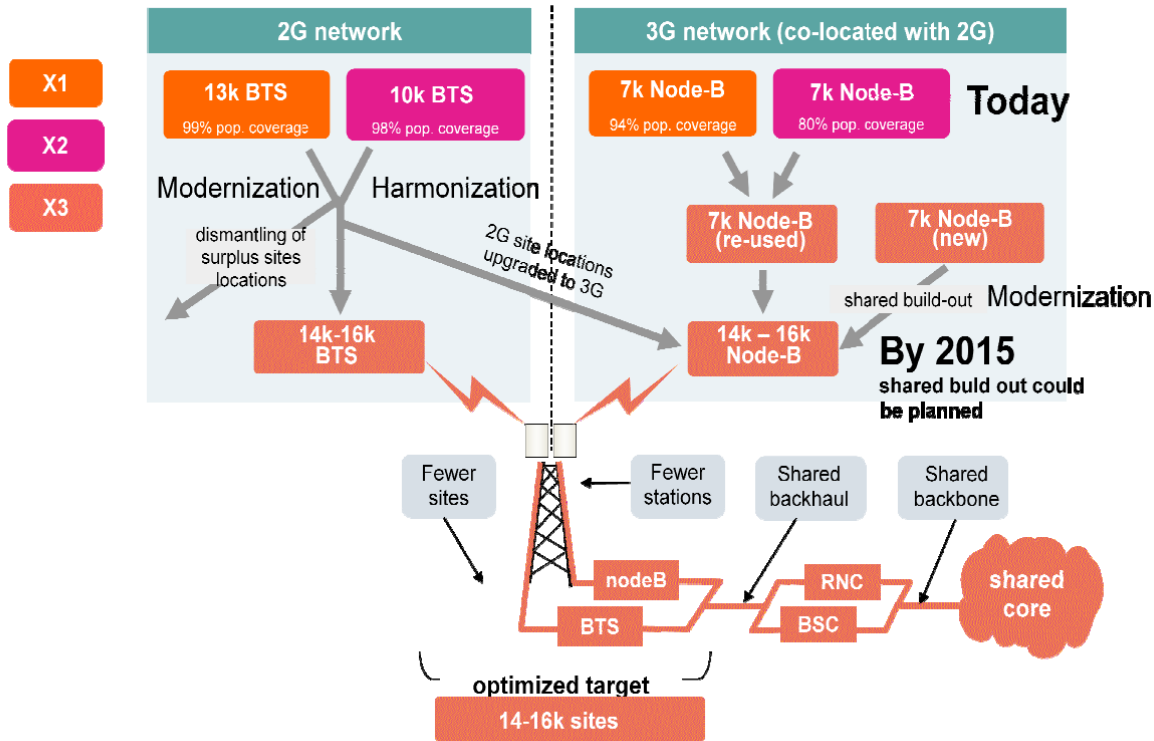
- Η συντονισμένη διαχείριση και εξισορρόπηση φορτίου των σταθμών βάσης κάτω από ένα συνολικό έξυπνο δίκτυο έχει δυναμική θετική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας χωρίς απαραίτητως να επηρεάζει το QoS και τη χωρητικότητα

Συντονισμένη διαχείριση για βελτίωση αποδοτικότητας



- Ενεργειακή εξοικονόμηση για διάφορους αριθμούς κόμβων και αποστάσεις

Δυναμική της κοινής υποδομής στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης



Επίλογος

- Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν οι εξελίξεις στην εξοικονόμηση ενέργειας και μεμονωμένα σε κάποια επίπεδα αλλά και μία ολιστική θεώρηση για την προσέγγιση των ‘πράσινων τηλεπικοινωνιών’.
- Με υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών είναι δυνατή μια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 50% που θα έχει σημαντική βελτίωση στο περιβαλλοντολογικό αποτύπωμα του κλάδου, στο λειτουργικό κόστος αλλά και θα διατηρήσει την ποιότητα υπηρεσίας των χρηστών.

- Σας ευχαριστώ!!