



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ**

*ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ*

***ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ***

***ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ***

---

**ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ SMALL CELLS  
ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ 5G**

---

***ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ***

**A.M <6180>**

***ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ***

**ΠΑΤΡΑ 2018**



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

---

<b><u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</u></b> .....	I
<b>ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ</b> .....	III
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ-5G</b> .....	1
1.1 Εισαγωγή-Η Εννοια Του Κυψελωτού Συστήματος.....	1
1.2 Η Αρχιτεκτονική Δομή Των Κυψελωτών Δικτύων.....	2
1.3 Το Σημερινό Τοπίο Στα Δίκτυα.....	3
1.4 Η Επόμενη Γενιά (5G).....	3
1.5 Απαιτήσεις Για Το 5G.....	5
1.6 Πρώτα Βήματα Του 5G.....	6
1.7 Εφαρμογές Του 5G.....	7
1.8 Παραδειγματα πιθανων χρήσεων του 5G.....	8
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:SMALL CELLS</b>	
2.1 Τι Είναι Τα Small Cells?.....	10
2.2 Η Εννοια Των Small Cells-Προσθετες Πληροφορίες .....	11
2.2.1 5G και Small Cells.....	
2.2.2 Κυτταρική Έννοια – Small Cells Με Επαναχρησιμοποίηση Συχνότητας.....	
2.2.3 Επιλογή Χρήστη Σε Small Cells.....	
2.3 Τύποι Small Cells Και Σενάρια Ανάπτυξης.....	14
2.4 Βελτιώσεις Με Τη Χρήση Small Cells .....	15

2.5 Λόγοι Που Καθιστούν Αναγκαία Την Ενσωμάτωση Μικρο-κυψελών (small-cells) Σε Μακρο-κυψελωτές Υποδομές.....	20
2.6 Πρόβλημα Backhaul.....	22
2.7 Απαιτήσεις Για Τη Υλοποίηση Δικτύου Μικρών Κυψελών.....	23
2.8 Μειονεκτήματα Των Small Cells.....	24
2.9 Προοπτικές Της Αγοράς.....	25
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	28

# ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

---

AP: Access Point

WLAN : Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα

WPAN: Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα

GSM - Global System for Mobile communications

GPRS - General Packet Radio Service

3GPP - 3rd Generation Partnership Project

LTE - 3GPP Long Term Evolution

FDMA - Frequency-division multiple access

NFV - Network Function Virtualization

SDN - Software defined networking

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ - 5G >

---

---

## 1.1 Εισαγωγή-Η Εννοια Του Κυψελωτού Συστήματος

Το Κυψελωτό δίκτυο είναι ένα ασύρματο δίκτυο το οποίο είναι καταναμημένο στον χώρο μέσω κυψελών. Οι κυψέλες παρέχουν ασύρματη κάλυψη σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές (ανάλογα με την περιοχή που αναπτύσσεται το δίκτυο) και περιέχουν έναν πομποδέκτη η κάθε μία, γνωστό και ως σταθμό βάσης για επικοινωνία του δικτύου με τους χρήστες του και με το υπόλοιπο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο το δίκτυο μπορεί να επικοινωνεί με χρήστες, οι οποίοι κινούνται συνεχώς μέσα σε αυτό.

Βασικός σκοπός των περισσότερων ραδιοηλεκτρονικών συστημάτων να καλύπτουν όσο τον δυνατόν μεγαλύτερη περιοχή κάλυψης. Η συχνότητα που χρησιμοποιείται από τον πομπό δεν μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί μέχρι να υπάρξει αρκετή γεωγραφική απόσταση ούτως ώστε ο κάθε σταθμός να μην παρεμβάλει σημαντικά με κάποιον ομοιοσυχνοτικό του. Το κυψελωτό σύστημα έχει ακριβώς την αντίθετη προσέγγιση. Προσπαθεί να χρησιμοποιήσει με τον καλύτερο τρόπο όλα τα διαθέσιμα κανάλια χρησιμοποιώντας πομπούς χαμηλής ισχύος με σκοπό να επιτρέψει την επαναχρησιμοποίηση της συχνότητας (frequency reuse factor) σε μικρότερες αποστάσεις. Η μεγιστοποίηση του αριθμού επαναχρησιμοποίησης του κάθε κανάλιου σε μία γεωγραφική περιοχή, είναι το κλειδί για έναν αποτελεσματικό σχεδιασμό του κυψελωτού συστήματος. Αυτά τα συστήματα είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν με κεραιές χαμηλής ισχύος με τις οποίες μπορεί να καλυφθεί το σήμα σε όλη την γεωγραφική περιοχή του συστήματος. Κάθε ομάδα κεραιών εξυπηρετεί τους κινητούς σταθμούς που βρίσκονται κοντά σε αυτούς. Η περιοχή που εξυπηρετείται από μία ομάδα κεραιών ονομάζεται κυψέλη. Κάθε κυψέλη έχει έναν κατάλληλο αριθμό από κεραιές χαμηλής ισχύος για να υπάρχει κάλυψη εντός της κυψέλης. Η εκπεμπόμενη ισχύς επιλέγεται έτσι ώστε ο σταθμός βάσης να επικοινωνεί με κινητούς σταθμούς έως την άκρη κυψέλης. Οι κυψέλες μέσα στο δίκτυο συνυπάρχουν σε ομάδες

(clusters) οι οποίες επαναλαμβάνονται σε όλη την έκταση του δικτύου. Οι ομάδες αυτές αποτελούνται συνήθως από  $N = 3, 4$  ή  $7$  κυψέλες η κάθε μία. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η επαναχρησιμοποίηση της συχνότητας και αυξάνεται η χωρητικότητα του δικτύου. Οι γειτονικές κυψέλες χρησιμοποιούν διαφορετικό φάσμα ούτως ώστε να μειωθεί η διακαναλική παρεμβολή. Όσες περισσότερες κυψέλες αποτελούν μία ομάδα, τόσο μικρότερη είναι η δια-καναλική παρεμβολή αλλά μειώνεται η χωρητικότητα του δικτύου.[1,2]

## **1.2 Η Αρχιτεκτονική Δομή Των Κυψελωτών Δικτύων**

Τα ραδιο-δίκτυα σχεδιάζονται με βάση την «κυψελωτή» αρχιτεκτονική δομή. Κάθε κυψέλη εξυπηρετεί μέσω ενός σταθμού βάσης μία περιοχή ακτίνας από μερικά μέτρα έως δεκάδες χιλιόμετρα (ανάλογα με την περιοχή που αναπτύσσεται το δίκτυο). Κάθε κυψέλη συνδέεται σε ένα κέντρο μεταγωγής, το οποίο διασυνδέει το ραδιο-δίκτυο με τα εξωτερικά δίκτυα φωνής & δεδομένων.

Τα ασύρματα κυψελωτά δίκτυα παρέχουν στους συνδρομητές τους κάποια προηγμένα χαρακτηριστικά, όπως υψηλή χωρητικότητα, χαμηλή χρήση μπαταρίας, μεγάλη γεωγραφική κάλυψη και μειωμένη παρεμβολή από άλλα σήματα. Τα πιο δημοφιλή ασύρματα κυψελωτά δίκτυα είναι τα GSM γνωστό και ως 2G το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για ομιλία και τα 3G και 4G τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως για μεταφορά δεδομένων. Μέσα στα επόμενα χρόνια το 5G θα είναι έτοιμο για χρήση, το οποίο θα προσφέρει πολλαπλάσιους ρυθμούς μετάδοσης σε σχέση με τα σημερινά δεδομένα.[2,A]



### 1.3 Το Σημερινό Τοπίο Στα Δίκτυα

- Οι υποδομές 2G και 3G έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα και είναι πλέον ώριμες.

Συγκεκριμένα:

Παρέχουν επίπεδα κάλυψης πλησίον του 100%.

Εξασφαλίζουν άκρως ικανοποιητικά επίπεδα ποιότητας υπηρεσίας για εφαρμογές φωνής & δεδομένων.

- Οι υποδομές 4G είναι ουσιαστικά ο διάδοχος των 3G και επίσης έχουν αναπτυχθεί με γοργούς ρυθμούς.Ειδικότερα:

Παρέχουν έως και 1000 φορές υψηλότερες ταχύτητες ασύρματης πρόσβασης στο internet σε σχέση με τα πρώτα δίκτυα δεδομένων 2G-GPRS και υποστηρίζουν ταχύτητες που ξεπερνούν τα 300 Mbps (download) και 50 Mbps (upload).

Δίνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης περαιτέρω εφαρμογών για φορητές συσκευές όπως η IP τηλεφωνία,η φορητή τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας(HD),η 3D τηλεόραση και οι υπηρεσίες νέφους.

Σύντομα αναμένεται η υποστήριξη φωνής μέσω του δικτύου δεδομένων (VoLTE), ίσως και ViLTE.[2]

### 1.4 Η Επόμενη Γενιά (5G)

Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της τέταρτης γενιάς (4G) των ασύρματων κινητών συστημάτων ώθησε ορισμένες εταιρείες τηλεπικοινωνιών να εξετάσουν περαιτέρω την ανάπτυξη της πέμπτης γενιάς τεχνολογιών και υπηρεσιών (5G). Από την εμφάνιση του συστήματος της πρώτης (1G), το 1981, νέες γενιές έχουν προκύψει περίπου κάθε 10 χρόνια. Το όραμα της EU είναι σε αυτό ή ίσως και μικρότερο χρονικό διαστημα χρόνια οι τομείς telecom και IT να ενοποιηθούν σε μια κοινή υποδομή πολύ υψηλής χωρητικότητας. Διάφοροι οργανισμοί τυποποίησης, όπως η IEEE έχουν αναπτύξει

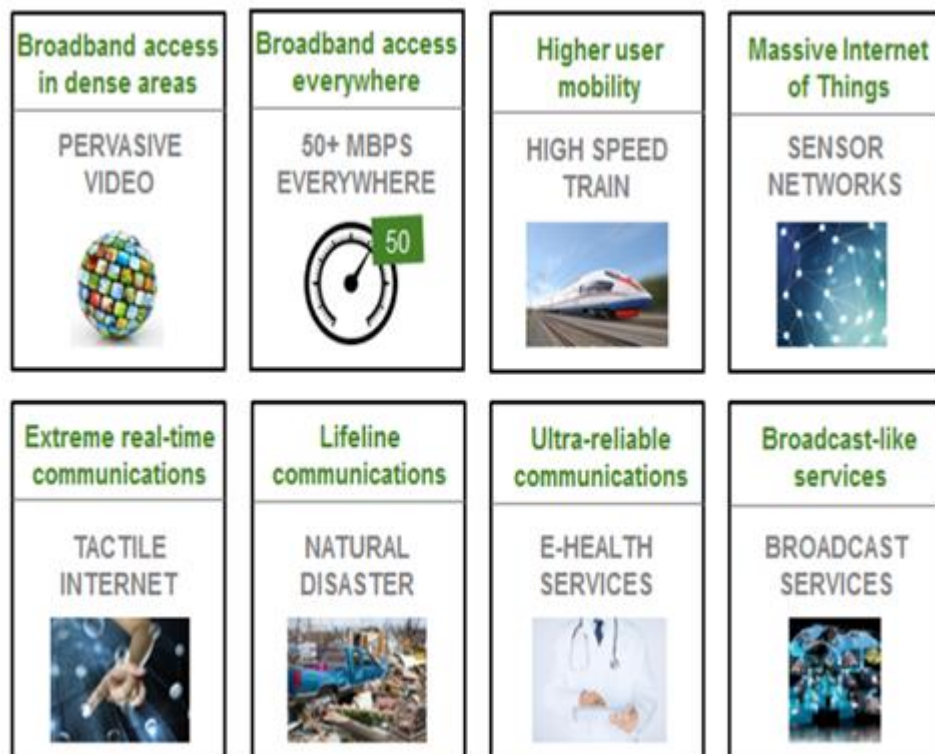
τις τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας, συχνά για υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων αν και κυμαίνεται μικρότερη μετάδοση στις περισσότερες περιπτώσεις. Με αυτές τις προδιαγραφές, είναι λογικό ότι τα συστήματα των προκάτοχων βγαίνουν στην αγορά σε λίγα χρόνια πριν από τη νέα γενιά κυψελοειδών κινητών. Για παράδειγμα, τα WiMAX δίκτυα έχουν αναπτυχθεί από το 2006 και θεωρούνται οι προκάτοχοί σε 4G. Τα συστήματα μέλλον 5G αναμένεται να παράγουν κέρδη πάνω από το 4G, όπως υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, πολύ καλύτερα επίπεδα συνδεσιμότητας, καθώς και βελτίωση της κάλυψης. Επιπροσθέτως, η δημιουργία τους στοχεύει στην ολοκλήρωση των τηλεπικοινωνιακών, υπολογιστικών και αποθηκευτικών πόρων σε μια προγραμματιζόμενη ενοποιημένη υποδομή που θα επιτρέπει τη βέλτιστη χρήση των κατανεμημένων πόρων.

Αυτό που δεν θα είναι είναι μια σταδιακή πρόοδος στο 4G. Οι προηγούμενες τέσσερις γενιές κυψελοειδούς τεχνολογίας ήταν το καθένα μια σημαντική μετατόπιση των παραδειγμάτων που έχει σπάσει την οπίσθια συμβατότητα. Πράγματι, το 5G θα πρέπει να είναι μια μετατόπιση παραδείγματος που περιλαμβάνει πολύ υψηλές συχνότητες φορέα με μαζικά εύρη ζώνης, ακραίες βάσεις σταθμών βάσης και πυκνότητα συσκευών και άνευ προηγούμενου αριθμούς κεραιών. Ωστόσο, σε αντίθεση με τις προηγούμενες τέσσερις γενιές, θα είναι επίσης εξαιρετικά ενοποιητική: συνδέοντας οποιαδήποτε νέα διεπαφή αέρα και φάσμα 5G μαζί με το LTE και το WiFi, παρέχοντας καθολική κάλυψη υψηλού επιπέδου και απρόσκοπτη εμπειρία χρήστη. Για να το υποστηρίξουμε, το κεντρικό δίκτυο θα πρέπει επίσης να φτάσει σε πρωτοφανή επίπεδα ευελιξίας και ευφυΐας, η ρύθμιση του ραδιοφάσματος θα πρέπει να ξανασκεφτεί και να βελτιωθεί, ενώ η αποδοτικότητα της ενέργειας και του κόστους θα γίνει ακόμα πιο κρίσιμες.

Προκειμένου να κατανοήσουμε πιο συγκεκριμένα τις τεχνικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει το 5G είναι απαραίτητο πρώτα να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις για ένα σύστημα 5G. Τα ακόλουθα στοιχεία είναι απαιτήσεις για κάθε βασική διάσταση, αλλά πρέπει να είναι τόνιστεί ότι δεν είναι απαραίτητο να ικανοποιηθούν όλα αυτά ταυτόχρονα. Διαφορετικές εφαρμογές θα θέσουν διαφορετικές απαιτήσεις στην απόδοση που θα χρειαστεί να ικανοποιηθεί σε ορισμένες “διαμορφώσεις”. Για παράδειγμα, εφαρμογές πολύ υψηλής ευκρίνειας, όπως streaming ενός βίντεο μπορεί να έχει χαλαρή καθυστέρηση και να είναι αξιόπιστο (με βάση τις απαιτήσεις πάντα) σε σύγκριση με τα αυτοκίνητα χωρίς οδηγό ή τη δημόσια ασφάλεια εφαρμογών, όπου

η λανθάνουσα κατάσταση και η αξιοπιστία είναι πρωταρχικής σημασίας αλλά χαμηλότεροι ρυθμοί δεδομένων μπορούν να γίνουν ανεκτοί.[3]

## 1.5 Απαιτήσεις Για Το 5G



Σχήμα 1.

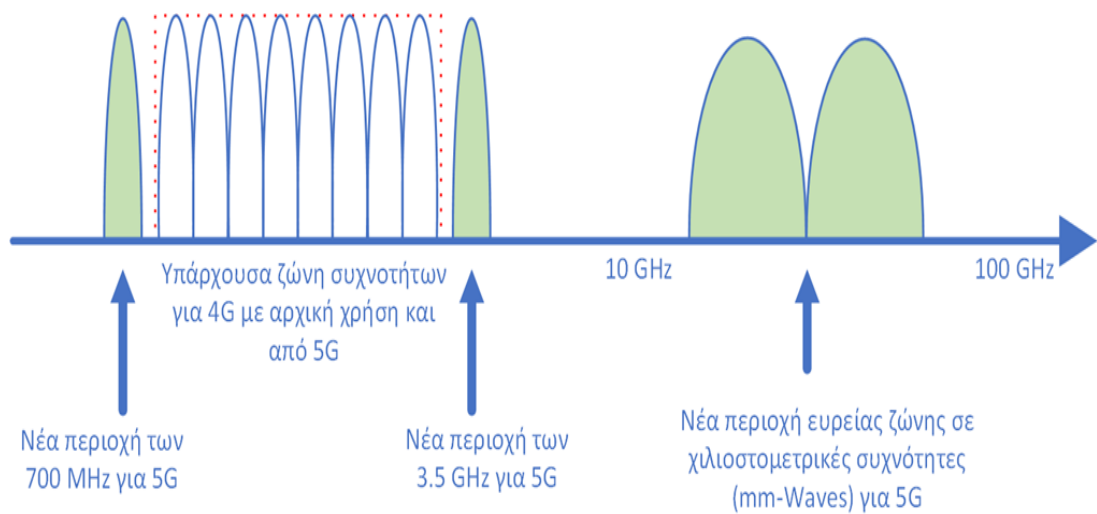
1. Μέσος ρυθμός μετάδοσης 300-500Mbps & max >10Gbps.
2. Χρόνος αντίδρασης (latency) < 1ms.
3. 100% κάλυψη.
4. 1000 φορές μείωση κατανάλωσης ενέργειας.
5. Υψηλή αξιοπιστία (99.999%).
6. 30×πυκνότητα συσκευών.

7. 10-100× περισσότερες συνδεδεμένες συσκευές.
8. Υψηλότερα επίπεδα ασφάλειας επικοινωνίας.
9. Η ζήτηση για τηλεπικοινωνιακή κίνηση δεδομένων (mobile data) διπλασιάζεται -κατά προσέγγιση- κάθε χρόνο
10. Σε βάθος δεκαετίας, θα απαιτηθούν 10.000 φορές υψηλότεροι όγκοι τηλεπικοινωνιακών φορτίων (bits/sec/Hz/km<sup>2</sup>)

Υπάρχει επίσης συναίνεση ότι η αρχιτεκτονική 5G θα πρέπει να προβλέπει τη διάσπαση του ελέγχου και του επιπέδου χρήστη επιτρέποντας την ατομική κλιμάκωση και των δύο επιπέδων και τον λογικό κεντρικό έλεγχο . Αυτό θα είναι επίσης μια αναγκαία προσέγγιση για την παροχή ενός ενιαίου πλαισίου ελέγχου για τα 5G δίκτυα. Στο RAN, και ειδικά στο πλαίσιο των πολύ πυκνών δικτύων μικρών κυψελών, υπάρχουν διάφορες παρατηρήσεις, π.χ. τα μακρο-κύτταρα χειρίζονται το επίπεδο ελέγχου και τα μικρά κελιά παρέχουν το επίπεδο χρήστη, επιτρέποντας μια δυναμική ενεργοποίηση και απενεργοποίηση μικρών κελιών, μια πιο αποτελεσματική διαχείριση της κινητικότητας, μια αυξημένη ευρωστία κινητικότητας και την αυξημένη ικανότητα ελέγχου του επιπέδου. Αυτή η προσέγγιση φαίνεται ιδιαίτερα σημαντική στο πλαίσιο των μικρών κυψελών mmWave.[4,10]

## 1.6 Πρώτα Βήματα Του 5G

- Σχεδιάζεται να παρέχονται ταχύτητες πρόσβασης 100 φορές υψηλότερες από τα σημερινά συστήματα αιχμής.
- Ήδη από τον Μάρτιο του 2017, εκδόθηκαν από τον 3GPP οι πρώτες μελέτες της Έκδοσης 14, η οποία αποτελεί την πρώτη έκδοση που ασχολείται συστηματικά με την 5G.
- Η 1η ευρεία πιλοτική λειτουργία τοποθετείται για το 2020 (Ολυμπιακοί Αγώνες Τόκιο).[2]



Σχήμα 2.

## 1.7 Εφαρμογές Του 5G

Η μετάβαση από την 4η γενιά στην 5η δεν σημαίνει μόνον ένα ταχύτατο δίκτυο για τους φανατικούς των «έξυπνων» κινητών αλλά ένα πεδίο για πάρα πολλές ειδικές εφαρμογές οι οποίες έως σήμερα λίγο έως πολύ παραμένουν στο επίπεδο της μελλοντολογίας. Ενδεικτικά αναφέρονται η ρομποτική, οι ρομποτικές εγχειρήσεις μέσω των νέων ασύρματων δικτύων, το κατέβασμα και η παρακολούθηση ταινιών πολύ υψηλής ανάλυσης.

Επίσης η εικονική πραγματικότητα, οι λεγόμενες «έξυπνες» πόλεις ακόμη και οι δοκιμές για τα ασφαλέστερα αυτοκίνητα μέσω ανταλλαγής, σε πραγματικό χρόνο, πληροφοριών με βάσεις δεδομένων έως και την περίπτωση η κίνηση τους να γίνεται χωρίς οδηγό με τις θετικές και τις όποιες αρνητικές πλευρές.

Οι δοκιμές που γίνονται σήμερα με αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα προσκρούει σε αυτό που θα έλεγε κανείς έλλειψη ανταπόκρισης σε πραγματικό χρόνο (Real Time). Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην εκπομπή των αισθητήρων του αυτοκινήτου και η ανταπόκριση του δίκτυο παρουσιάζει υπολογίσιμες, για την

εφαρμογή αυτή, καθυστερήσεις. Στα μελλοντικά δίκτυα 5G το πρόβλημα αναμένεται να επιλυθεί.[5]

## **1.8 Παραδειγματα πιθανων χρήσεων του 5G**

### *- Αυτόνομη οδήγηση*

Η επικοινωνία των οχημάτων με τον έξω κόσμο θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντικά αποτελεσματικότερη και ασφαλέστερη χρήση των υφιστάμενων οδικών υποδομών. Αν όλα τα οχήματα σε ένα δρόμο συνδέθηκαν σε ένα δίκτυο που ενσωματώνει ένα σύστημα διαχείρισης της κυκλοφορίας, θα μπορούσαν ενδεχομένως να ταξιδέψουν σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες και εντός μεγαλύτερη εγγύτητα μεταξύ τους χωρίς κίνδυνο ατυχήματος - με πλήρως αυτόνομες αυτοκίνητα μειώνοντας περαιτέρω την πιθανότητα για ανθρώπινη λάθος. Ενώ τέτοια συστήματα δεν θα απαιτούν υψηλό εύρος ζώνης, παρέχοντας στοιχεία με χρόνο commandresponse κοντά στο μηδέν, θα είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή λειτουργία τους, και έτσι τέτοιες εφαρμογές απαιτούν σαφήνεια το χρόνο καθυστέρησης 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου που προβλέπονται στις προδιαγραφές 5G. Επιπλέον είναι σαφέστατη απαίτηση στην περίπτωση αυτή η πλήρης κάλυψη του οδικού δικτύου με 100% αξιοπιστία για να είναι μια βιώσιμη πρόταση.

### *- Ασύρματο cloud-based γραφείο / Multi-πρόσωπο τηλεδιάσκεψης*

Δίκτυα δεδομένων υψηλού εύρους ζώνης έχουν τη δυνατότητα να κάνουν την ιδέα ενός ασύρματου γραφείου μια πραγματικότητα, με τεράστιες ποσότητες χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων αρκεί για να κάνει τέτοια συστήματα διαρκώς υπαρκτά. Ωστόσο, αυτές οι εφαρμογές βρίσκονται ήδη στην ύπαρξη και οι απαιτήσεις τους ικανοποιούνται από τα υπάρχοντα δίκτυα 4G. [3,5]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: SMALL CELLS

## 2.1 Τι Είναι Τα Small Cells? (URL)

Τα small cells είναι φορητοί μικροσκοπικοί σταθμοί βάσης που απαιτούν ελάχιστη ισχύ για λειτουργία και μπορούν να τοποθετηθούν κάθε 250 μέτρα περίπου σε όλες τις πόλεις. Για να αποφευχθεί η πτώση των σημάτων, οι μεταφορείς θα μπορούσαν να καλύψουν μια πόλη με χιλιάδες από αυτούς τους σταθμούς. Μαζί, θα σχηματίσουν ένα πυκνό δίκτυο που λειτουργεί σαν ομάδα αναμεταδόσεων, παρέχοντας σήματα όπως μια σκυτάλη και δρομολόγηση δεδομένων σε χρήστες σε οποιαδήποτε θέση.

Ενώ τα παραδοσιακά κυψελοειδή δίκτυα έχουν επίσης καταλήξει να βασίζονται σε έναν αυξανόμενο αριθμό σταθμών βάσης, η επίτευξη επιδόσεων 5G απαιτεί ακόμη μεγαλύτερη υποδομή. Ευτυχώς, οι κεραιές στα μικρά κελιά μπορεί να είναι πολύ μικρότερες από τις παραδοσιακές κεραιές, αν μεταδίδουν μικροσκοπικά κύματα χιλιοστών. Αυτή η διαφορά μεγέθους καθιστά ακόμα πιο εύκολη τη συγκράτηση των κυψελών χωρίς διακριτικά στους φωτεινούς πόλους και στα κτίρια.

Επιπλέον, αυτή η ριζικά διαφορετική διάρθρωση του δικτύου θα πρέπει να προσφέρει πιο στοχοθετημένη και αποτελεσματική χρήση του ραδιοφάσματος. Έχοντας περισσότερους σταθμούς σημαίνει ότι οι συχνότητες που ένας σταθμός χρησιμοποιεί για τη σύνδεση με συσκευές στη μικρή περιοχή εκπομπής του μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από άλλο σταθμό σε διαφορετική περιοχή για να εξυπηρετήσουν άλλο πελάτη. Υπάρχει όμως πρόβλημα: Το πλήθος των μικρών κυψελίδων που απαιτούνται για την κατασκευή ενός δικτύου 5G μπορεί να καταστήσει μη πρακτικό να εγκατασταθούν σε αγροτικές περιοχές.

Το αδειοδοτημένο φάσμα είναι ένας σπάνιος πόρος. Η τεχνολογία Mobile RAN έχει φθάσει στα όριά της όσον αφορά τη φασματική αποδοτικότητα. Η

αυστηρότερη χωρική επαναχρησιμοποίηση που ενεργοποιείται μέσω της συμπύκνωσης κυττάρων μέσω μικρών κελιών έχει κριθεί εδώ και πολλά χρόνια ως κύρια λύση για την αντιμετώπιση της εκθετικά αυξανόμενης χρήσης δεδομένων κινητής τηλεφωνίας. Μέχρι σήμερα, τα μικρά κύτταρα δεν έχουν αναπτύχθει μαζικά όπως προβλεπόταν. Αυτό έχει αφήσει το Wi-Fi, με το ολοένα και ελκυστικό του 5 GHz χωρίς άδεια φάσμα και την εγγενή υποστήριξη πολλαπλών λειτουργιών, ως κύρια τεχνολογία εκφόρτωσης για μακροεντολές 3G και 4G.

Ίσως ο λόγος που έχει επιβραδυνθεί η ανάπτυξη των small cells είναι ένας συνδυασμό παραγόντων που περιλαμβάνουν το συνολικό κόστος των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας (TCO) που εμποδίζουν την υιοθέτηση από τους αερομεταφορείς σε συνδυασμό με ζητήματα που σχετίζονται με την υποστήριξη ενός όλο και πιο ποικίλου συνόλου φορέων που φέρνουν τη δική σας συσκευή (BYOD) με διαφορετικές δεσμεύσεις φορέα που εμποδίζουν την υιοθέτηση από τις επιχειρήσεις. Οι σημαντικές λειτουργικές δαπάνες (OpEx) που σχετίζονται με την ανάπτυξη small cells, έχουν αποθαρρύνει τους φορείς εκμετάλλευσης κινητών δικτύων (MNOs) να το πράξουν.

Συγκεκριμένα, οι δαπάνες για την απόκτηση, εγκατάσταση, διαμόρφωση, επισκευή, τροφοδοσία και συντήρηση του ιστότοπου είναι υψηλές. Σε συνδυασμό με αυτό, χωρίς ουδέτερη δυνατότητα φιλοξενίας σε 3G και 4G small cells σήμερα, η επιχείρηση πρέπει να επιβαρυνθούν από τα έξοδα που συνδέονται με την ανάπτυξη πολλαπλών παράλληλων δικτύων μικρών κυψελών για να επιτρέψουν σε όλο το προσωπικό τους και στους επισκέπτες να έχουν την υποστήριξη που χρειάζεται. Είναι ένα ακριβό, περιττό, αναποτελεσματικό περιβάλλον.

Καθώς πλησιάζουμε τα πρότυπα 5G και την 4G LTE σε 5G εξελικτική περίοδο σημειώθηκαν δύο τάσεις στην βιομηχανία που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει αυτές τις μικρές κεφαλαιακές προκλήσεις για τους MNOs, επιτρέποντας την ανάπτυξη 3G και 4G μικρών κυψελών να επιταχυνθούν αντιμετωπίζοντας τις ανάγκες των επιχειρήσεων. Η πρώτη είναι η τάση απλουστευμένων και εικονικοποιημένων δικτύων μέσω virtualization δικτύου (NFV) και καθορισμένης από το λογισμικό δικτύωσης (SDN). Η δεύτερη είναι η κεντροποίηση των λειτουργιών δικτύου που διευκολύνει την αποσύνθεση, μετακινώντας ορισμένες λειτουργίες εκτός του σταθμού βάσης του small cell για να



επιτρέψει μια σειρά νέων δυνατοτήτων στο RAN και να επιτρέψει σε κάθε φορέα να συμμετέχει πιο αποτελεσματικά στην αναπτυξη των small cells.[6,7,10]

## **2.2 Η Έννοια Των Small Cells-Προσθετες Πληροφορίες**

Βασικό ερώτημα πριν συνεχιστεί η ανάλυση των small cells είναι:

*Γιατί όχι ένα μεγάλο πύργο ραδιοφώνου και μια μεγάλη περιοχή υπηρεσιών;*

Η απάντηση βρίσκεται στους εξής δύο σημαντικούς λόγους:

- Ο αριθμός των ταυτόχρονων χρηστών θα είναι πολύ περιορισμένος (στο συνολικό αριθμό καναλιών κυκλοφορίας).
- Το κινητό τηλέφωνο θα έχει μεγαλύτερη απαίτηση ισχύς.

### **2.2.1 5G και Small Cells**

Για την αντιμετώπιση 5G προκλήσεων ο συνδυασμός και η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών ραδιοσυχνότητας με τις υπάρχουσες τεχνολογίες φαίνονται να είναι πιο κοντά από ποτέ. Πρώτον, νέες μορφές ζωνών συχνοτήτων όπως τα μικροκύματα και τα χιλιοστομετρικά κύματα αναμένεται να χρησιμοποιηθούν. Αυτά θα κάνουν τα small cells ακόμη μικρότερα και πυκνότερα από ό,τι στις τρέχουσες ρυθμίσεις. Επίσης, η υιοθέτηση μαζικών συστημάτων MIMO θα απαιτήσουν πιο αποτελεσματικά συστήματα διαχείρισης παρεμβολών, π.χ.συντονισμένες τεχνικές πολλαπλών σημείων (CoMP). Αυτός ο συντονισμός παρεμβολών πρέπει να συμβεί σε διάφορα συστήματα (π.χ. σε μακροσκοπικά και μικρά κύτταρα).Στην πραγματικότητα, η παρέμβαση μεταξύ ετερογενών μακρο και μικρών κύτταρων είναι μόνο μια παραδειγματική πτυχή που πρέπει να συντονιστεί στενά. Ενώ αυτοί οι

στόχοι μπορούσαν να επιτευχθούν σε συμβατικά D-RAN, οι έννοιες C-RAN προτείνονται επίσης.

### **2.2.2 Κυτταρική Έννοια – Small Cells Με Επαναχρησιμοποίηση Συχνότητας**

#### **- Πλεονεκτήματα:**

- Συσκευές χαμηλής ισχύος
- Αύξηση της χωρητικότητας του συστήματος με επαναχρησιμοποίηση συχνότητας

#### **- Μειονεκτήματα:**

- Κόστος των κυττάρων
- Ανάγκη υποστήριξης του χειρισμού μεταξύ των κυττάρων
- Ανάγκη παρακολούθησης του χρήστη για τη δρομολόγηση εισερχόμενης κλήσης / μηνύματος

### **2.2.3 Επιλογή Χρήστη Σε Small Cells**

Είναι καλά αποδεκτό ότι η συνεργασία πρέπει να περιορίζεται σε μερικά κελιά επειδή διαφορετικά ο αριθμός των πιλότων, τα γενικά έξοδα ανάδρασης για τις αναφορές CSI και η κίνηση backhaul θα εκραγεί. Διάφορες μετρήσεις σε πραγματικά δίκτυα δείχνουν ότι η παρεμβολή μπορεί να περιοριστεί σε ένα μεταβλητό αλλά μικρό αριθμό κυττάρων χρησιμοποιώντας την κεραία κάτω κλίσης. Αυτό το χαρακτηριστικό δείχνει το σχηματισμό των συστοιχιών κυττάρων στο δίκτυο που δηλώνεται ως συνεργασίας. Οι CA περιλαμβάνουν τις ισχυρότερες παρεμβολές για όλους τους τερματικούς σταθμούς που εξυπηρετούνται από κοινού. Επιπλέον, ένα υψηλό ποσοστό εξυπηρέτησης χρηστών αναμένεται να κερδίσουν από τη συνεργασία. Ενώ η συνεργασία σε όλο το δίκτυο θα είχε οδηγήσει σε εξάλειψη της

παρεμβολής, μια συστοιχία στο δίκτυο οδηγεί εγγενώς σε υπολειπόμενη συστοιχία παρέμβαση. Έχει εντοπιστεί στις αρχές του έτους έρευνα ότι η ομαδοποίηση και η επιλογή των χρηστών είναι ένα NP δυσκολίας πρόβλημα, όπου το βέλτιστο μεταξύ ενός μεγάλου αριθμού πιθανών διαμορφώσεων συμπλεγμάτων αναζητείται. Απαιτούνται αποτελεσματικά ευρετικά για υλοποίηση σε πραγματικό χρόνο και υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες.[8]

## 2.3 Τύποι Small Cells Και Σενάρια Ανάπτυξης

Υπάρχουν τρεις τύποι μικρών κυττάρων: φεμτοκύτταρα, πικοκύτταρα και μικροκύτταρα. Αυτοί οι όροι δεν είναι πλήρως τυποποιημένοι και είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η χρήση μπορεί να επικαλύπτεται.

Τα Femtocells έχουν το μικρότερο φάσμα μικροκυτταρικών τύπων και συνήθως αναπτύσσονται σε σπίτια ή μικρές επιχειρήσεις. Αυτές οι συσκευές που μοιάζουν με δρομολογητές εγκαθίστανται από πελάτες και μπορούν να φιλοξενήσουν κάλυψη μόνο για μερικούς χρήστες τη φορά. Τα Femtocells έχουν γενικά μέγιστη εμβέλεια μικρότερη από 10 μέτρα.

Τα Picocells συνήθως εγκαθίστανται σε μεγαλύτερους εσωτερικούς χώρους, όπως εμπορικά κέντρα, γραφεία ή σιδηροδρομικούς σταθμούς. Μπορούν να υποστηρίξουν μέχρι και 100 χρήστες τη φορά και να έχουν μια εμβέλεια κάτω των 200 μέτρων.

Τα μικροκύτταρα είναι το μεγαλύτερο και πιο ισχυρό μικρό κύτταρο. Συνήθως εγκαθίστανται σε εξωτερικούς χώρους σε φανάρια ή σήματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν προσωρινά για μεγάλα γεγονότα. Τα μικροκύτταρα έχουν μια περιοχή κάτω από δύο χιλιόμετρα, ενώ οι πύργοι macrocell μπορούν να καλύψουν έως και 20 μίλια. Τόσο τα μικροκύτταρα όσο και τα picocell εγκαθίστανται συνήθως από φορείς εκμετάλλευσης δικτύων.[9]

Ιεραρχικό Επίπεδο	Χαρακτηριστικά	Στόχευση
<b>Macro</b>	Ακτίνα κάλυψης: 500 m – 10 km Ισχύς Εκπομπής: Έως μερικές δεκάδες Watt Τοποθέτηση: Σε ειδικές κατασκευές σε εξωτερικό χώρο (radio towers/masts)	Παροχή ευρείας γεωγραφικής & πληθυσμιακής κάλυψης.
<b>Στοχευμένες Κυψέλες Μικρής Εμβέλειας (Small-Cells)</b>		
<b>Micro</b>	Ακτίνα κάλυψης: 150 – 200m Ισχύς Εκπομπής: 1 – 10W Τοποθέτηση: Σε εξωτερικό χώρο	Περιοχές δημοσίου ενδιαφέροντος (στάδια, πάρκα). Καλύπτουν και εσωτερικούς χώρους.
<b>Pico</b>	Ακτίνα κάλυψης: Μερικές δεκάδες μέτρα Ισχύς Εκπομπής: Έως 1 W, τυπικά 250 mW Τοποθέτηση: Σε εσωτερικό χώρο	Απαιτητικοί χώροι ή χώροι δημοσίου ενδιαφέροντος, όπως πολυ-όροφες εγκαταστάσεις, σταθμοί τρένων κλπ.
<b>Femto</b>	Ακτίνα κάλυψης: Μερικές δεκάδες μέτρα Ισχύς Εκπομπής: Έως 100 mW Τοποθέτηση: Σε εσωτερικό χώρο	Οικιακοί χώροι βάσει «κλειστού» μοντέλου πρόσβασης.

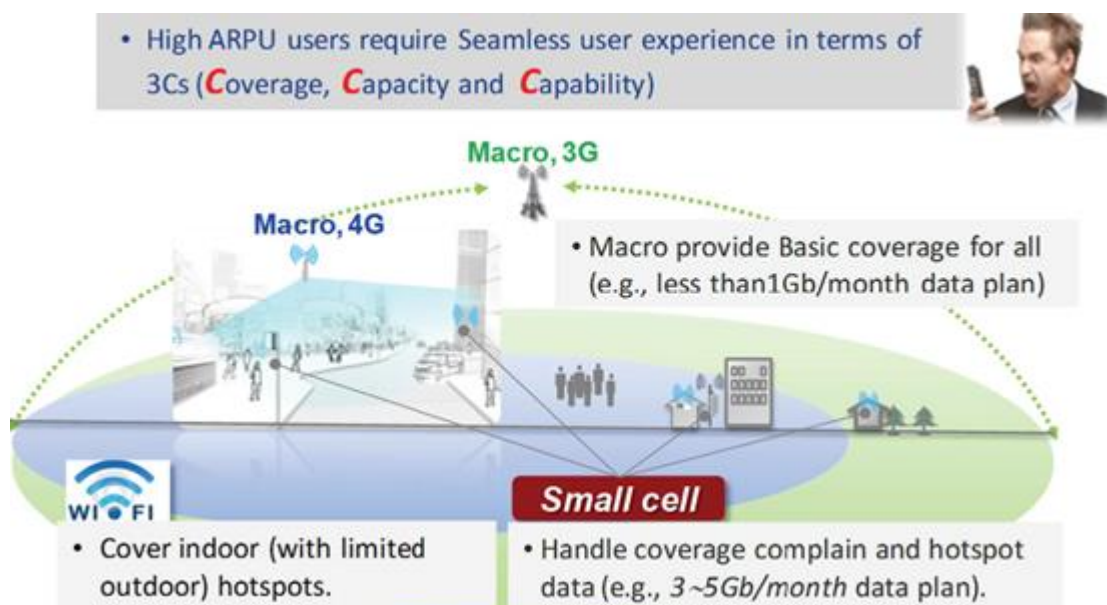
Σχήμα 3.

## 2.4 Βελτιώσεις Με Τη Χρήση Small Cells

Στα ασύρματα δίκτυα επικοινωνιών, με πλήρη ανασχεδιασμό της διάρθρωσης, λειτουργίας και κατανομής των πόρων αυτού του ιδιαίτερου περίπλοκου μηχανισμού σε όλα τα επίπεδα λειτουργίας του, μπορεί να εξοικονομηθεί σημαντικό ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας. Κατάλληλες υποδομές ανταλλαγής και λήψης αποφάσεων, οι οποίες θα παρέχουν στο σύστημα διαχείρισης του εκάστοτε δικτύου τη δυνατότητα να γνωρίζει το βέλτιστο τρόπο με τον οποίο θα μπορεί να ανταποκριθεί στις συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες και συνθήκες του περιβάλλοντός του, κρίνονται απαραίτητες και πρέπει να υλοποιηθούν διότι θα συμβάλλουν στην επίτευξη υψηλού βαθμού βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης των ασύρματων δικτύων τηλεπικοινωνιών. Επιπροσθέτως προκειμένου να αντιμετωπιστεί η τεράστια ανάπτυξη της κίνησης δεδομένων μέσω κινητού τηλεφώνου, τα παραδοσιακά ασύρματα μακροκυτταρικά δίκτυα πρέπει να μετατραπούν σε αρχιτεκτονικές που περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό μικρών κυψελών συμπληρωμένο με μακροκυψέλες για πανταχού παρούσα κάλυψη. Παραδοσιακά δίκτυα πρόσβασης ραδιοσυχνότητας, όπου οι Μονάδες Βάσης Ζώνης (BBU) και οι ραδιοφωνικές μονάδες βρίσκονται ταυτόχρονα, υφίστανται αρκετούς περιορισμούς.

Στόχος είναι η αντιμετώπιση αυτών των περιορισμών και το κέρδος από τα οφέλη της συγκέντρωση και του συντονισμού.

Μια βασική στρατηγική εξέλιξης των υπάρχουσων δομών ραδιοπρόσβασης βασίζεται στην ενσωμάτωση κομβίων small-cells σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους για την ελάφρυνση του ιεραρχικού επιπέδου macro και την «στοχευμένη» κάλυψη γεωγραφικών ζωνών υψηλής ζήτησης φορτίου.



Σχήμα 4.

Από την εξέλιξη της κυκλοφορίας δεδομένων κατά τα τελευταία χρόνια, μπορεί να αναμένονται απαιτήσεις υψηλής δυναμικότητας για τη μελλοντική εξέλιξη των κινητών δικτύων. Πρόσφατη έρευνα έχει εντοπίσει μεγάλες προκλήσεις όπως η μαζική ανάπτυξη του αριθμού των συνδεδεμένων συσκευών, η κίνηση ως ευρύτερο και πιο ποικίλο σύνολο απαιτήσεων και τα χαρακτηριστικά ξεκινώντας από τη χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση και χαμηλό ποσοστό για μηνύματα ελέγχου μεταξύ συσκευών σε πολυ-gigabits ανά δευτερόλεπτο για διαδραστικά πολυμέσα. Οι ερευνητές ερευνούν σήμερα πώς για να εξυπηρετηθούν 10 έως 100 φορές περισσότερες συσκευές, πρέπει να διανεμηθεί 1000 φορές η κυκλοφορία και να

μειωθεί η καθυστέρηση με συντελεστή 5 για τους χρήστες κινητής τηλεφωνίας σε σύγκριση με το Long Term Evolution (LTE). Στο επίκεντρο είναι κάποιες ελπιδοφόρες τεχνικές για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων όπως η χρήση ενός συνδυασμού περισσότερου φάσματος με μεγαλύτερη ευελιξία (δηλ. με κοινή χρήση ραδιοφάσματος), φασματική απόδοση, και επιπλέον κύτταρα (τα small cells). Η εστίαση είναι στα ενσωματωμένα small cells σε ένα δίκτυο μακροκυψελών, το οποίο μερικές φορές αναφέρεται σε αυτό ως ετερογενές δίκτυο (HetNet).

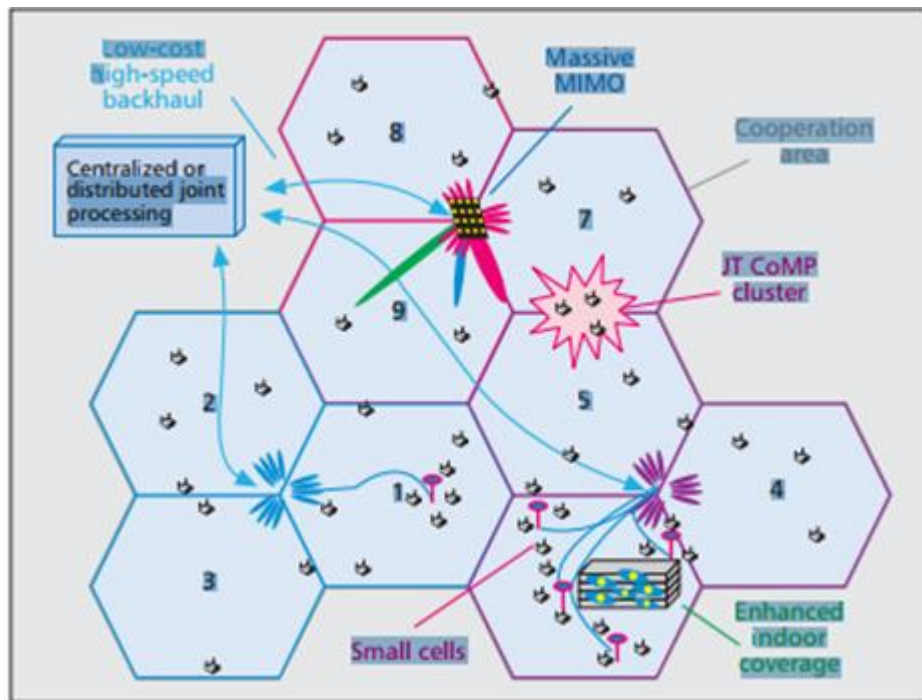
Είναι ένα νέο «καθήκον» να ενσωματωθεί ένας μεγάλος αριθμός από μικρά κύτταρα σε αυτό το πλαίσιο. Για προχωρημένες τεχνικές όπως το JT CoMP, τα μικρά κύτταρα έχουν συγκεκριμένες ιδιότητες-χαρακτηριστικά. Τοποθετούνται ως πρόσθετα στη μακροκυψέλη και έχουν μικρότερο πομπό, ισχύ και διαφορετικά χαρακτηριστικά διάδοσης του ραδιοφώνου (π.χ., λόγω της ανάπτυξης κάτω από την οροφή). Επιπλέον, δεν έχουν πάντα άμεση σύνδεση στο σταθμό βάσης μακροεντολών που επιτρέπει τον συντονισμό σε σύντομο χρονικό διάστημα. Μια διαισθητική λύση είναι να ρυθμίσετε διαφορετικά και ανεξάρτητα στρώματα συχνότητας για μικρά και μακροκύτταρα, ή να κάνετε ICIC τομέα χρόνου ή συχνότητας. Ενώ αυτή η λύση είναι πολύ ισχυρή και επιτρέπει την παράλληλη μετάδοση macro-plus-small-cell χωρίς παρεμβολές, θυσιάζει φασματική απόδοση. Τα αποτελέσματα που αναφέρονται παρακάτω δείχνουν ότι η πλήρης συχνότητα, η επαναχρησιμοποίηση με βάση το JT CoMP επιτρέπουν υψηλή φασματική απόδοση τόσο σε μικρά όσο και σε μακροκύτταρα, λαμβάνοντας επιπλέον πολυπλοκότητα.

Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν small cells έχουν προσελκύσει πολύ μεγάλη προσοχή πρόσφατα καθώς αυτά εξετάζουν μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο για να ικανοποιήσει τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις του ρυθμού των ασύρματων χρηστών. Ορισμένες μελέτες έχουν προτείνει ότι, χρησιμοποιώντας χαμηλού κόστους σημεία πρόσβασης (APs), η πυκνότητα των AP θα φτάσει πιθανώς, ή ακόμα και θα υπερβεί, την πυκνότητα του χρήστη (UEs), εισάγοντας έτσι την έννοια των υπερσύγχρονων ασύρματων δικτύων. Με μεγάλο αριθμό διαθέσιμων AP, μια τυχαία UE θα είναι πιθανότατα να συνδεθεί σε ένα ισχυρό σήμα AP, έχοντας να μοιραστείτε τους πόρους AP με ένα περιορισμένο αριθμό των συνεργαζόμενων ΕΕ και, τελικά, την επίτευξη υψηλών ποσοστών. Ωστόσο, με σκοπό την αξιοποίηση των πλήρων πόρων του συστήματος, χρησιμοποιείται ένα καθολικό σύστημα επαναχρησιμοποίησης συχνότητας πράγμα που αναπόφευκτα οδηγεί σε σημαντική

παρέμβαση που πρέπει να ληφθεί προσεκτικά υπόψη στο σχεδιασμό του συστήματος και στην ανάλυση επιδόσεων.

Με μια αυξανόμενη πυκνότητα δικτύου, το καθήκον της βέλτιστης τοποθέτησης στο ευκλείδειο πλάνο γίνεται δύσκολο, αν όχι αδύνατο. Ως εκ τούτου, οι AP θα έχουν μια ακανόνιστη τυπικά, τυχαία ανάπτυξη, η οποία αναμένεται να επηρεάσει την εκτέλεση του συστήματος. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι τέτοια τυχαία ανεπτυγμένα συστήματα κυψελίδων μπορούν να αναλυθούν με επιτυχία χρησιμοποιώντας εργαλεία από στοχαστική γεωμετρία. Ενώ έχουν επιτευχθεί σημαντικά αποτελέσματα, τα περισσότερα από αυτά τα έργα υποθέτουν λυ>>λα, αγνοώντας αποτελεσματικά τη διανομή UE, και / ή εξετάζει μόνο το σήμα του χρήστη προς παρεμβολή (SIR). Μερικά πρόσφατα έργα έχουν προσπαθήσει να αντιμετωπίσουν αυτά τα ζητήματα.

Ένας φυσικός τρόπος για να βελτιωθεί η χωρητικότητα του δικτύου είναι η τοποθέτηση περισσότερων πομπών με μέτριους αριθμούς των κεραιών σε τυπικές θέσεις hotspot εξωτερικών χώρων. Περισσότερα κύτταρα αποδίδουν υψηλότερη χωρητικότητα δεδομένου ότι οι συχνότητες επαναχρησιμοποιούνται. Η κάλυψη δεδομένων υψηλής ταχύτητας βελτιώνεται και η ποικιλομορφία του δικτύου αυξάνεται. Μικρότερες αποστάσεις μεταξύ σταθμών βάσης και ακροδεκτών και μεγαλύτερη πιθανότητα ορατότητας είναι περαιτέρω οφέλη. Η ανάπτυξη των small cells θα ξεκινά από σημεία που οδηγούν σε ανομοιογενείς κυψέλες. Επίσης, προσθέτοντας μικρά κελιά σε εσωτερικούς χώρους που σχετίζονται με τη χρήση πιο ισχυρού ενισχυμένου ασύρματου δικτύου ή και τοπικά δίκτυα για να ξεπεραστεί η απώλεια διείσδυσης από έξω προς τα μέσα, η οποία είναι συχνά με τη σειρά των 10 έως 20 dB και ακόμη περισσότερο μέσα στα μεγάλα κτίρια.



Σχήμα 5.

### Σύνοψη πλεονεκτημάτων

- Μια λύση για τη βελτίωση της κάλυψης σε μικρές περιοχές με χαμηλή ισχύ εξόδου.
- Αξιοπίστη και αποτελεσματική κάλυψη και χωρητικότητα.
- Πολύ μικρό αποτύπωμα.
- Χαμηλότερο συγκριτικό κόστος και μεγαλύτερη ευελιξία από τα μακροκυψέλες ή τα συστήματα κατανεμημένης κεραίας

Ενώ τα συστήματα DAS για μεγάλους χώρους και κτίρια θα αναπτύξουν χωρητικότητα για 40 τομείς με εκατοντάδες ειδικές κεραίες, ένα μικρό σύστημα κυψελών θα μπορούσε εύκολα να προσθέσει 200 τομείς χωρητικότητας 3G / 4G για το 25% του κόστους, σε σύγκριση με DAS - ετήσιο λειτουργικό κόστος ", έγραψε σε στήλη ο Ronny Haraldsvik, πρώην SVP και KOA του SpiderCloud Wireless. "Αυτό



είναι πιο κοντά σε 50 έως 100 φορές διαφορετικά. Η επιχειρηματική περίπτωση DAS έχει νόημα για 1 έως 10 εκατομμύρια τετραγωνικά πόδια. Κάτω από ένα εκατομμύριο, η επιχειρηματική υπόθεση ευνοεί τώρα τα μικρά κυτταρικά συστήματα. [4,8,9]

## **2.5 Λόγοι Που Καθιστούν Αναγκαία Την Ενσωμάτωση Μικρο-κυψελών (small-cells) Σε Μακρο-κυψελωτές Υποδομές**

1. Κάλυψη ζωνών/σημείων που έχουν πρόβλημα (“coverage hole”).



Σχημα 6.

2. Αντιμετώπιση προβλημάτων υποβάθμισης ποιότητας σήματος στα όρια των κυψελών (“cell-edge problem”).



Σχήμα 7.

3. Ελάφρυνση τηλεπικοινωνιακού φορτίου του επιπέδου macro σε ζωτικά σημεία υψηλής ζήτησης (“offloading”).



Σχήμα 8.

4. Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του δικτύου (“energy efficiency optimization”).



Σχήμα 9.

5. Υποστήριξη νέων υπηρεσιών που θα προσφέρονται από τεράστιο πληθυσμό μικρών συσκευών και αισθητήρων.



Σχλημα 10.

## 2.6 Πρόβλημα Backhaul

Οι πιο προβληματικοί και περιοριστικοί φορείς που αντιμετωπίζουν όταν αναπτύσσουν ένα δίκτυο μικρών κυψελών είναι το backhaul. Η εύρεση ενός ιστότοπου για την ανάπτυξη ενός μικρού κελιού μπορεί να είναι μια επίπονη διαδικασία. Οι μεταφορείς πρέπει πρώτα να προσδιορίσουν τον ιδιοκτήτη του εργοταξίου και να διαπραγματευτούν ένα σχέδιο εγκατάστασης. Οι τοποθεσίες ανήκουν συχνά στην πόλη, η οποία ενδέχεται να έχει οποιονδήποτε αριθμό περιορισμών σχετικά με τη θέση συσκευών στη δικαιοδοσία της.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την παροχή μικρών κυψελών με σήμα από ένα μακροκυψέλη, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης δεσμευμένου χαλκού, ινών ή ασύρματων μικροκυμάτων, αλλά καθεμία από αυτές τις μεθόδους έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Οι συνδέσεις ινών παρέχουν τις υψηλότερες διεργασίες, αλλά μπορεί να είναι δαπανηρές χωρίς μια ήδη υπάρχουσα υποδομή. Το DSL ή ο χαλκός παρέχουν περιορισμένους ρυθμούς δεδομένων και απαιτεί επίσης τη χρήση προκαθορισμένων δικτύων. Το ασύρματο, από την άλλη πλευρά, απαιτεί πλοήγηση με διαφορετικές συνθήκες όρασης.

Η δημιουργία κατάλληλου backhaul είναι επίσης χρονοβόρα. Η Verizon Wireless αναπτύσσει μικρά κελιά σε πολλές πόλεις των ΗΠΑ, όπως η Νέα Υόρκη, το Σικάγο, η Ατλάντα και το Σαν Φρανσίσκο. Τον Μάιο, ο κ. Fran Shammo, CFO της Verizon Communications, δήλωσε στη MoffettNathanson Media and Communications Summit ότι χρειάζονται δύο χρόνια από την αρχή μέχρι το τέλος για την ανάπτυξη ενός δικτύου μικρών κυψελών.

"Πρόκειται για ένα χρονικό διάστημα 24 μηνών από τη στιγμή που θα πάρετε μια θέση, θα διαπραγματευτείτε με τον ιδιοκτήτη, θα πάρετε την ίνα σε εκείνη την τοποθεσία, επειδή κάθε ένα από τα μικρά μας κύτταρα έχει οπίσθια ίνα σε μια μακροκυψέλη" αυτός είπε.[9]

## 2.7 Απαιτήσεις Για Τη Υλοποίηση Δικτύου Μικρών Κυψελών

Χαμηλό κόστος - Η κάλυψη παρέχεται σε λιγότερους συνδρομητές, επομένως οι δαπάνες πρέπει να μειωθούν.

Εύκολη διαχείριση - Ο τεράστιος αριθμός των μικρών κυττάρων που αναπτύσσονται σημαίνει ενοποιημένη διαχείριση είναι απαραίτητη.

"Εξωτερική επίπλωση" εμφάνιση και ελαφρύς σχεδιασμός - Τα μικρά κελιά είναι συχνά τοποθετημένα σε φώτα δρόμου και πινακίδες, έτσι μπορεί να υπάρχουν περιοριστικές απαιτήσεις που ορίζονται από ιδιοκτήτες γης.

Υψηλή αξιοπιστία και προστασία από τον καιρό - Μικρά κελιά παρέχουν κάλυψη σε επίπεδο δρόμου και βρίσκονται πολύ κοντά στην ανθρώπινη δραστηριότητα.[9]

## 2.8 Μειονεκτήματα Των Small Cells

- Έλλειψη ενορχήστρωσης μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και ομάδων.
- Αβέβαιος χρόνος εγκατάστασης για μικρά κύτταρα λόγω της απόκτησης του χώρου και της ζώνης.
- Το Backhaul εξακολουθεί να αποτελεί δαπανηρό και πολύπλοκο πρόβλημα για τους μεταφορείς
- Το Crown Castle δήλωσε ότι χρειάζονται 18 έως 24 μήνες για την ανάπτυξη μικρών κυττάρων για έναν ενοικιαστή με άγκυρα, με επιπλέον ενοικιαστές να παίρνουν εννέα έως 18 μήνες online, σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση RCR Wireless News. Πολλά έργα που ξεκίνησαν κατά τη διάρκεια της αιχμής της αρχικής διαφημιστικής εκστρατείας για μικρά κύτταρα μόλις τώρα εμφανίζονται και οι αριθμοί ανάπτυξης θα πρέπει να αυξηθούν από εδώ.

- Απαιτείται ενέργεια που συχνά δεν είναι προσβάσιμη στο σημείο εγκατάστασης.[9]

## 2.9 Προοπτικές Της Αγοράς

Το 2013, το 98% των ερωτηθέντων κινητών τηλεφώνων δήλωσαν ότι πιστεύουν ότι τα μικρά κελιά θα είναι "απαραίτητα" για το μέλλον των δικτύων τους, σύμφωνα με έκθεση της Informa Telecoms και Media. Αλλά αυτή η ανάπτυξη έχει αποδειχθεί δύσκολη όλα αυτά τα χρόνια.

Για να συμπεριληφθούν οι δαπάνες αναδιάρθρωσης σε προοπτική, τα συνολικά κεφάλαια και οι λειτουργικές δαπάνες για ανάπτυξη μικρών κυψελών στο Λονδίνο σε διάστημα 10 ετών είναι περίπου 141 εκατομμύρια δολάρια και 1,42 δισεκατομμύρια δολάρια αντίστοιχα, σύμφωνα με μια μελέτη περίπτωσης της Intel.

Παρόλα αυτά, τα μικρά κελιά αποδείχθηκαν πολύ πιο αποδοτικά από την εγκατάσταση ενός τρισσακεταλλικού μακρομοριακού κυττάρου LTE, το οποίο έχει συνολικό κόστος ιδιοκτησίας για μια πενταετή περίοδο ύψους 279.412 δολαρίων, υποθέτοντας ένα μίγμα 50:50 ασύρματου και οπτικών ινών. Αυτό μπορεί να κοστίζει έως έξι φορές όσο τα 3G μικρά κελιά, σύμφωνα με μια έκθεση της Senza Fili Consulting.

Η Sprint το περασμένο καλοκαίρι έθεσε ως στόχο την ανάπτυξη δεκάδων χιλιάδων μικρών κυττάρων με την ελπίδα ολοκλήρωσης του έργου εντός δύο ετών. Η Mobilitie, η εταιρεία που εκμεταλλεύεται την αγορά και την εγκατάσταση του χώρου για την Sprint, δήλωσε ότι λιγότεροι από 2.000 είχαν αναπτυχθεί μέχρι τον Μάιο του 2016, σύμφωνα με έκθεση RCR Wireless News.

Αν και η ζήτηση για μικρά κελιά δεν ανταποκρίνεται στις υψηλές προσδοκίες της, η ανάγκη για την τεχνολογία στο εγγύς μέλλον φαίνεται αναπόφευκτη.

Σύμφωνα με την εταιρεία εμπειρογνομόνων Mobile Experts, η ανάπτυξη των μικρών κυψελών κινητής τηλεφωνίας αυξήθηκε κατά 140% το 2015, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών και εξωτερικών μονάδων. ο ρυθμός ανάπτυξης "θα είναι ακόμη

μεγαλύτερος το 2016", δήλωσε ο Joe Madden, κύριος αναλυτής της Mobile Experts. Η εταιρεία αναμένει ότι οι μικρές μεταφορές μικρών κυψελών θα διπλασιαστούν το 2016 με αύξηση των πωλήσεων κατά 270%. Επίσης, εκτιμά ότι οι αποστολές μικρών κυψελών επιχειρήσεων θα ανέλθουν σε 4 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως έως το 2020. Η έρευνα αγοράς για τη διαφάνεια προβλέπει ότι η παγκόσμια αγορά femtocell θα ανέλθει σε 4,7 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2019, σύμφωνα με έκθεση RCR Wireless News.[9]

.







# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

## Βιβλία:

- Α. Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών, Δέκατη Έκδοση, Άρης Αλεξόπουλος-Γιώργος Λαγογιάννης

## Δημοσιεύσεις και URLs:

- 1.[http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/10201/Vasilakis\\_Georgios.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/10201/Vasilakis_Georgios.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 2.<http://www.eekt.gr/LinkClick.aspx?fileticket=U9zLktAN7uE%3D&tabid=36>
- 3.What Will 5G Be?
- 4.<https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-5G-Architecture-WP-For-public-consultation.pdf>
- 5.Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile, GSMA Intelligence
- 6.<https://spectrum.ieee.org/video/telecom/wireless/5g-bytes-small-cells-explained>
- 7.The role of Small Cells, Coordinated Multipoint, and Massive MIMO in 5G
- 8.The role of small cells, coordinated multipoint, and massive MIMO in 5G
- 9.<https://www.rcrwireless.com/20160711/network-infrastructure/small-cells-tag31-tag99>
- 10. Cisco 5G Vision Series: Small Cell Evolution

## Εικόνες:

1,2,3,4,7.

<http://www.eekt.gr/LinkClick.aspx?fileticket=U9zLktAN7uE%3D&tabid=36>

5. The role of Small Cells, Coordinated Multipoint, and Massive MIMO in 5G

6. <http://tharrosnews.gr/sites/default/files/2015/09/piges.jpg>

8. <https://www.panetolikos.gr/wp-content/uploads/2016/05/Panetolikos-Olympiakos-22-9-2013-MG-1524-1.jpg>

9. [http://www.pineaudit.eu/media/89286/network\\_two%20columns%20box%20with%20image%20above.jpg](http://www.pineaudit.eu/media/89286/network_two%20columns%20box%20with%20image%20above.jpg)

10. <http://hlektrologia.gr/wp-content/uploads/2014/07/aisth4-500x551.jpg>