



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
**& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ**  
*ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ*  
***ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ***

---

---

*DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS*

---

---

***ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ***

**A.M 1047124**

***ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ***

**ΠΑΤΡΑ 2020**



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

---

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ .....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ DAS.....	- 1 -
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ DAS .....	- 1 -
1.2 ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΕΤΑΙ.....	- 3 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ DAS.....	- 5 -
2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	- 5 -
2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DAS.....	- 7 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΗΓΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ .....	- 9 -
3.1 OFF-AIR.....	- 9 -
3.2 BASE TRANSCEIVER STATION.....	- 10 -
3.3 NODEB, ENODEB .....	- 11 -
3.4 SMALL CELLS.....	- 12 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΣΗΜΑΤΩΝ .....	- 14 -
4.1 ACTIVE DAS.....	- 14 -

<b>4.2 PASSIVE DAS</b> .....	<b>- 15 -</b>
<b>4.3 HYBRID DAS</b> .....	<b>- 17 -</b>
<b>4.4 DIGITAL DAS</b> .....	<b>- 18 -</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ DAS ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ</b> .....	<b>- 20 -</b>
<b>5.1 CPRI ΚΑΙ DAS</b> .....	<b>- 20 -</b>
<b>5.2 FTTX ΚΑΙ DAS</b> .....	<b>- 21 -</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DAS</b> .....	<b>- 23 -</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DAS</b> .....	<b>- 25 -</b>
<b>ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>- 27 -</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>- 28 -</b>

# ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

---

---

**BTS:** Base Tranceiver Station

**CPRI:** Common Public Radio Interface

**CWDM:** Coarse Wavelength Division Multiplexing

**DAS:** Distributed Antenna System

**DWDM:** Dense Wavelength Division Multiplexing

**FTTx:** Fiber To The X

**GSM:** Global System for Mobile communications

**LTE:** Long Term Evolution

**MIMO:** Multiple Input Multiple Output

**RF:** Radio Frequency

**RRH:** Remote Radio Head

**RRU: Remote Radio Unit**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ

## DAS

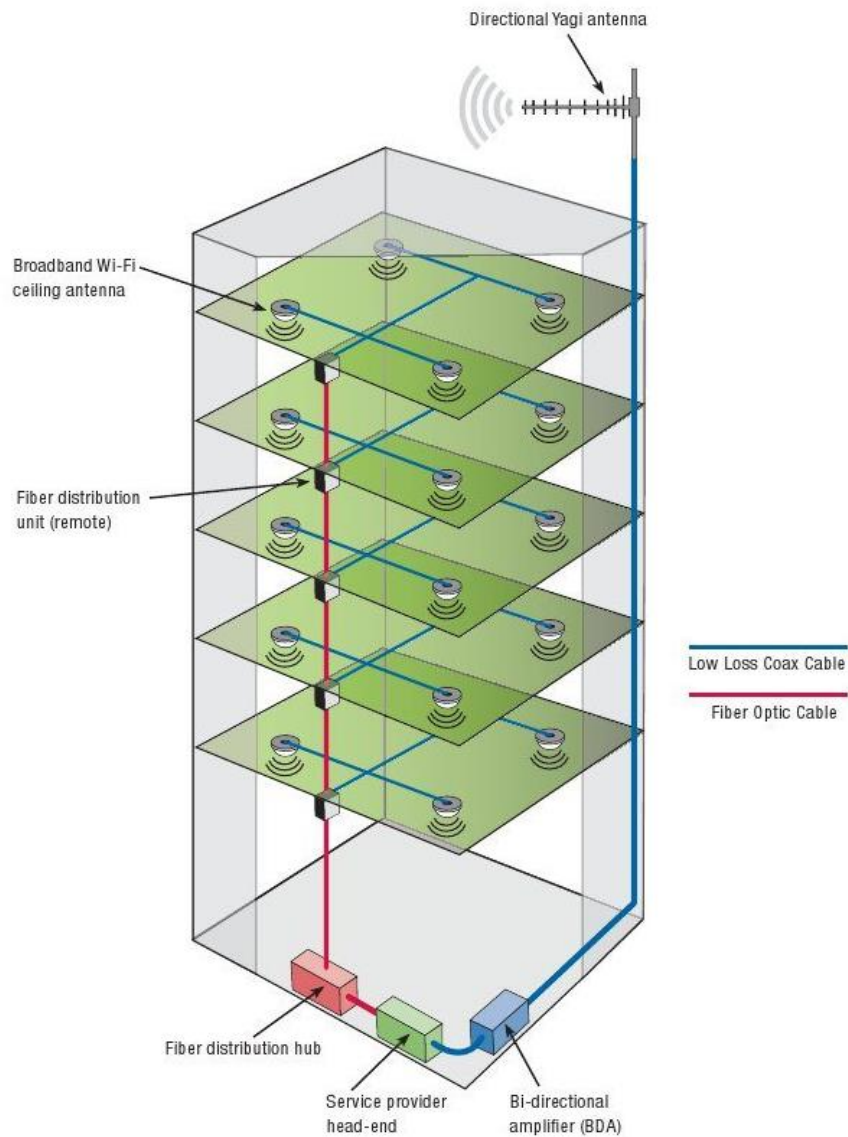
---

---

### 1.1 Τι είναι ένα σύστημα DAS

Με την πάροδο των χρόνων οι πάροχοι υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας επιδιώκουν την υποστήριξη περισσότερων συνδρομητών, χρησιμοποιώντας data-intensive εφαρμογές όπως για παράδειγμα video. Συνεπώς τα small-cell (κυψελοειδή) δίκτυα καθίστανται απαραίτητα για την παροχή της απαραίτητης κάλυψης και χωρητικότητας. Για το λόγο αυτό οι φορείς κινητής τηλεφωνίας επιθυμούν όλο και περισσότερο την εφαρμογή τόσο τεχνολογιών DAS όσο και οπτικών ινών για να δημιουργήσουν οικονομικά αποδοτικές εφαρμογές και να καλύψουν την ανάγκη για ανάπτυξη κυψελοειδών δικτύων. Για να γίνει καλύτερα αντιληπτή η σημασία αυτών των συστημάτων κρίνεται απαραίτητη η επεξήγηση του τι είναι ένα σύστημα DAS.[7]

Ένα Κατανεμημένο Σύστημα Κεραίας (DAS), είναι ένα σύστημα διαχειριζόμενων απομακρυσμένων κεραιών, το οποίο διανέμει ένα ασύρματο σήμα σε μια σειρά από συνδεδεμένες εσωτερικές ή εξωτερικές ραδιοφωνικές κεφαλές, πολλαπλών τεχνολογιών και πολλαπλών ζωνών. Η απόσταση μεταξύ των κεραιών είναι τέτοια ώστε κάθε μία να παρέχει πλήρη κάλυψη, χωρίς να επικαλύπτεται από άλλες κεραιές, μειώνοντας έτσι τον συνολικό αριθμό των κεραιών που απαιτούνται για την κάλυψη ενός ολόκληρου κτιρίου. Ένα τέτοιο δίκτυο είναι αποδοτικότερο σε σχέση με τη χρήση μιας ενιαίας, μεγαλύτερης κεραίας που καλύπτει μια μεγάλη περιοχή. Στην εικόνα 1 φαίνεται ένα δίκτυο από χωρικά χωρισμένες κεραιές που είναι συνδεδεμένες σε μια κοινή πηγή. [3][7]



Εικόνα 1 Δίκτυο κεραιών στο εσωτερικό ενός κτιρίου

Το κυψελοειδές σήμα που διανέμεται στο δίκτυο λαμβάνεται από έναν κεντρικό κόμβο. Στη συνέχεια το σήμα ψηφιοποιείται και διανέμεται σε άλλους κόμβους μέσω ενός δικτύου οπτικών ινών υψηλού εύρους ζώνης. Με την ψηφιοποίηση του σήματος, το DAS μπορεί να μεταφέρει το κινητό σήμα σε πλήρη ισχύ σε οποιαδήποτε απομακρυσμένη συνδεδεμένη κεραία, ανεξάρτητα από το πόσο μακριά βρίσκεται από τον κεντρικό κόμβο και το σταθμό βάσης. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα παλαιότερα αναλογικά συστήματα που μετέφεραν ραδιοσυχνότητες μέσω ομοαξονικής καλωδίωσης. Η απόδοση αυτών των αναλογικών συστημάτων επηρεαζόταν από την απόσταση της κεραίας με τον κεντρικό διανομέα. [7]



## 1.2 Που εφαρμόζεται

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, ένα Κατανεμημένο Σύστημα Κεραίας διανέμεται σε ένα κτίριο ή μια περιοχή προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση του δικτύου. Συνεπώς σχεδιάζεται τόσο για χρήση σε εσωτερικούς όσο και για χρήση σε εξωτερικούς χώρους. Έτσι μπορεί να παρέχει ασύρματη κάλυψη στο μετρό, σε γήπεδα, εμπορικά κέντρα, πανεπιστημιούπολεις, κτίρια με γραφεία κλπ. Επιπρόσθετα σε σημαντικά γεγονότα όπως συναυλίες και φεστιβάλ, στα οποία η προσέλκυση του κόσμου είναι πολύ μεγάλη, το δίκτυο υπερφορτώνεται με αποτέλεσμα να μην υπάρχει καλό σήμα. Σε αυτές τις περιπτώσεις το σύστημα DAS απελευθερώνει το εύρος ζώνης και το δίκτυο εξακολουθεί να δουλεύει σε βέλτιστο επίπεδο. Είτε βρισκόμαστε σε εσωτερικό είτε σε απομακρυσμένο χώρο, υπάρχει μια ποικιλία επιλογών για τη βελτίωση του κυψελοειδούς σήματος. Στις επιλογές αυτές περιλαμβάνονται τα ενεργητικά και παθητικά συστήματα DAS τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο. [3][6]

Συνήθως επικρατεί η αντίληψη ότι τα συστήματα DAS προορίζονται για μεγάλους χώρους όπως νοσοκομεία, γήπεδα, μετρό κλπ, διότι αυτοί έχουν την μεγαλύτερη συμφόρηση επομένως απαιτείται η χρήση ενός δικτύου με μεγάλη χωρητικότητα και απόδοση, ούτως ώστε όλοι οι χρήστες να παραμένουν συνδεδεμένοι. Ωστόσο έρευνες έχουν δείξει ότι στο 90% των περιπτώσεων τα συστήματα DAS χρησιμοποιούνται σε μικρότερους χώρους. [5]

Κάποια έργα DAS εκτείνονται για μίλια και υποστηρίζουν χιλιάδες συνδρομητές. Επομένως οι απομακρυσμένες κεραίες μπορούν να τοποθετηθούν σε φανοστάτες, τηλεφωνικούς στύλους καθώς και σε άλλα σημεία στο δρόμο. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2) παρουσιάζονται δύο φανοστάτες. Στην πρώτη περίπτωση (a) η απομακρυσμένη κεραία έχει τοποθετηθεί στο εσωτερικό του στύλου ώστε να μην είναι ορατή ενώ στη δεύτερη περίπτωση (b) βρίσκεται σε εμφανές σημείο πάνω στο στύλο. [7]



Εικόνα 2 Τοποθέτηση κεραίας σε φανοστάτη

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ DAS

---

---

## 2.1 Λειτουργία

Για όσους είναι εξοικειωμένοι με την ασύρματη βιομηχανία, υπάρχουν διάφοροι τρόποι διανομής ή παροχής σημάτων σε κτίρια. Ένα από τα πιο δημοφιλή είναι το Distributed Antenna System ή αλλιώς DAS το οποίο αποτελείται από ενεργά και παθητικά στοιχεία. Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε πως αυτά τα στοιχεία λειτουργούν και καθορίζουν ένα ολόκληρο σύστημα.

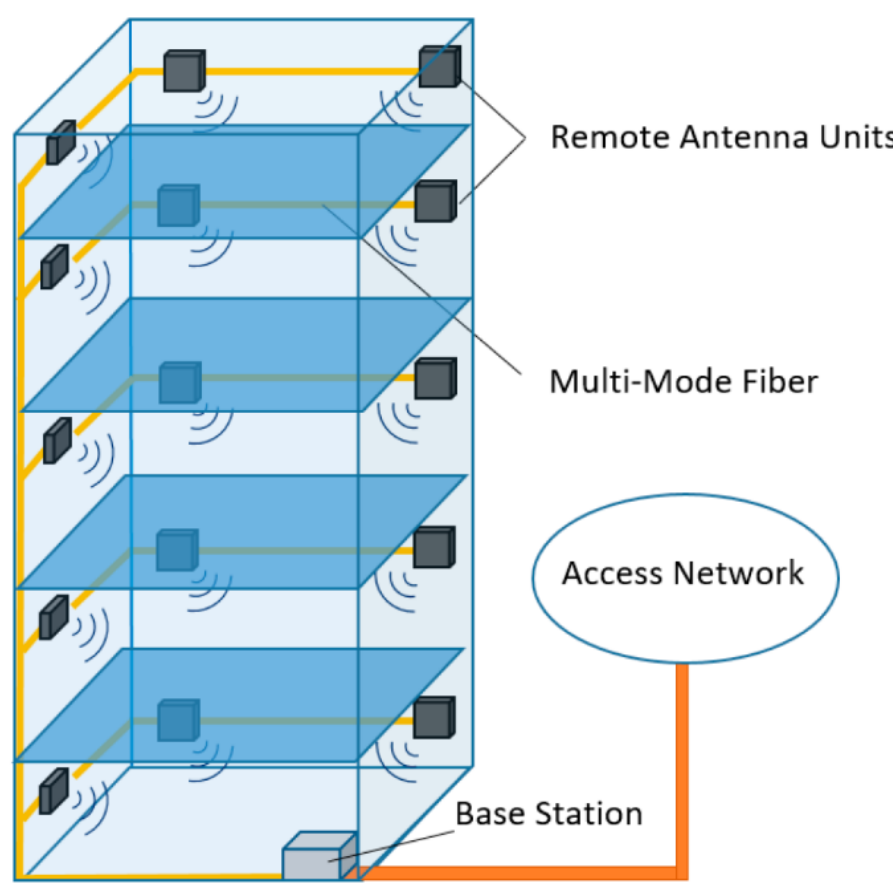
Ας φανταστούμε ότι έχουμε μια υποδομή, ένα στάδιο ή κτίριο. Για το παράδειγμά μας έστω ότι έχουμε ένα κτίριο. Αυτό το κτίριο χρειάζεται κάποιο τρόπο να λάβει σήματα μέσα και έξω από αυτό. Το μετέο καθώς και άλλα υλικά εξασθενούν τα σήματα που λαμβάνονται από το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι τα κυψελοειδή σήματα που έρχονται από κάποιον πύργο, φθάνοντας στο κτίριο εισέρχονται με μικρότερη ισχύ. Συνεπώς χρειάζεται ένα ειδικό σύστημα για να καλύψει ολόκληρο το κτίριο και να μην υπάρχει αυτού του είδους η εξασθένηση. [16]

Το πρώτο πράγμα που χρειαζόμαστε είναι ένα base station ή μία συσκευή επανάληψης ή κάποιου είδους πηγή σήματος. Στην παρακάτω εικόνα στη βάση του κτιρίου βρίσκεται τοποθετημένο ένα base station. Σε ένα σταθμό βάσης υπάρχει ένα κομμάτι εξοπλισμού που ονομάζεται κεφαλή. Τώρα στη μορφή του DAS όλος ο εξοπλισμός βρίσκεται στο σταθμό βάσης και μέσω του κτιρίου διανέμεται ασύρματα σε κάθε όροφο. Μέσω δηλαδή ασύρματου εξοπλισμού. [16]

Στο base station βρίσκεται επίσης μια μονάδα master, ενώ σε κάθε όροφο υπάρχει μια απομακρυσμένη μονάδα. Η κύρια μονάδα με κάθε απομακρυσμένη συνήθως συνδέεται με καλώδια οπτικών ινών. Αυτά τα καλώδια λαμβάνουν σήματα Radio Frequency (RF) και τα προωθούν στη κύρια μονάδα. Η κύρια μονάδα συνδέεται στο base station με ένα ομοαξονικό κομμάτι καλωδίου. Τα σήματα RF που δέχεται, τα μετατρέπει σε ίνες φωτός και τα διανέμει στις απομακρυσμένες μονάδες. Στις απομακρυσμένες μονάδες πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία και

λαμβάνονται επιπλέον κομμάτια ομοαξονικού καλωδίου, με διαχωριστές και άλλες συσκευές σε διάφορες κεραίες. [16]

Με το DAS έχουμε μια ομάδα κεραιών που είναι όλες καταναμημένες. Έτσι το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος, είναι ότι είμαστε σε θέση να πάρουμε έναν πολύ απλό σταθμό βάσης και να τον τοποθετήσουμε σε οποιαδήποτε θέση μέσα στο κτίριο, έτσι ώστε κάθε ένας από τους χρήστες να βρίσκεται πολύ κοντά στο σημείο από το οποίο έρχεται το σήμα. Έτσι αντί να έχουμε πολλές απώλειες σήματος από μια μόνο θέση, έχουμε χαμηλότερη ισχύ αλλά πολλή λιγότερη απώλεια σήματος πράγμα που επιτρέπει καλύτερη εμπειρία χρήστη. Συνεπώς ο χρήστης έχει μεγαλύτερη ταχύτητα σε δεδομένα και πολλαπλοί χρήστες μπορούν να υποστηριχθούν. [16]



Εικόνα 3 DAS που τροφοδοτείται από ίνες

## 2.2 Βασικά στοιχεία του συστήματος DAS

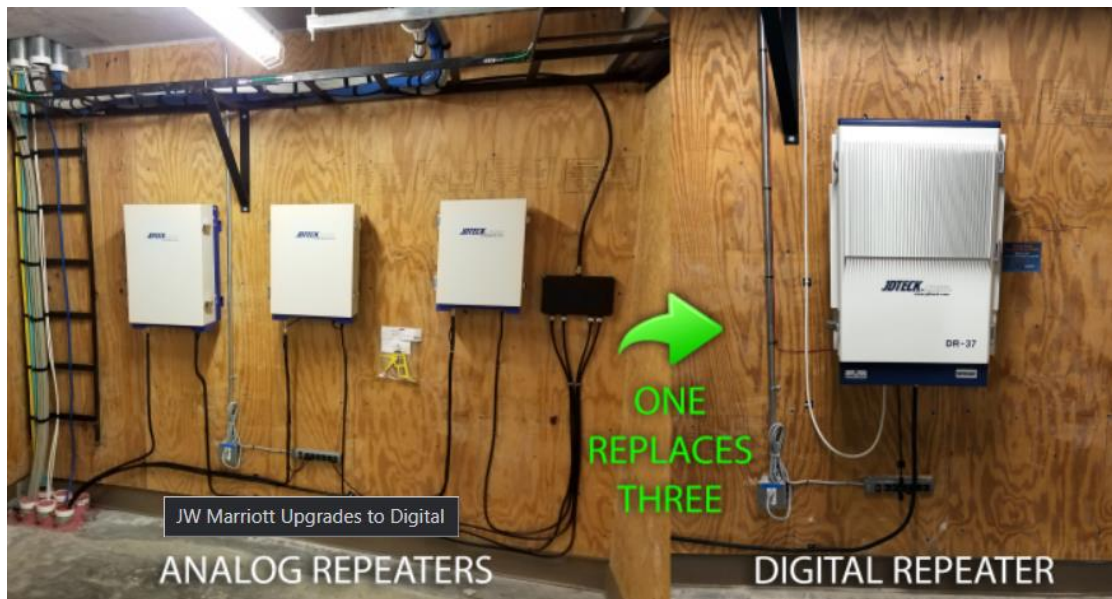
Οποιοδήποτε σύστημα DAS και αν έχουμε, αυτό θα αποτελείται από ορισμένα βασικά στοιχεία. Το πρώτο είναι μια donor κεραία η οποία συνήθως τοποθετείται σε εξωτερικούς χώρους και πάνω από τη γραμμή που οριοθετούν τα δέντρα, ούτως ώστε να λαμβάνει άμεσα σήματα RF από κάποιον κυψελοειδή πύργο ή πηγή σήματος. Η donor κεραία μπορεί να λάβει πολλαπλές συχνότητες για την κάλυψη αναγκών έκτακτης ανάγκης και μεγάλης χωρητικότητας. Μόλις ληφθούν τα σήματα από τη συγκεκριμένη κεραία, μεταφέρονται στο δωμάτιο εξοπλισμού κεφαλής μέσω ομοαξονικής καλωδίωσης. [9]

Το δωμάτιο εξοπλισμού κεφαλής αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία του συστήματος. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελεί τον «εγκέφαλο» του συγκεκριμένου συστήματος. Το σύστημα αυτό τοποθετείται εκεί όπου η συσκευή επανάληψης και ο αμφίδρομος ενισχυτής συλλέγουν τα σήματα RF για αναδιανομή. Ο αμφίδρομος ενισχυτής ενισχύει τα σήματα ραδιοσυχνοτήτων, τα οποία λαμβάνονται από τη donor κεραία έτσι ώστε να μην εξασθενούν αν ταξιδεύουν σε μεγάλη απόσταση. Έτσι το σήμα RF παραμένει ισχυρό κατά τη διάρκεια οποιουδήποτε ταξιδιού και οποιασδήποτε τοποθεσίας. [9]

Ανάλογα με τον τύπο του συστήματος, τα σήματα μεταφέρονται μέσω ομοαξονικών καλωδίων ή οπτικών ινών σε απομακρυσμένες κεραίες. Αυτές οι απομακρυσμένες κεραίες είναι συμπαγείς και μπορούν να τοποθετηθούν διακριτικά σε ένα εσωτερικό περιβάλλον. Πολλές φορές αυτές οι κεραίες ονομάζονται και κόμβοι και είναι τα σημαία αναδιανομής του δικτύου DAS. Με τη βοήθεια των απομακρυσμένων κεραιών τα σήματα RF φτάνουν σε περιοχές που δεν θα μπορούσαν να διανεμηθούν απευθείας χωρίς το καταναμημένο σύστημα κεραιών. [9]



Εικόνα 4 Discrete Donor Antenna



Εικόνα 5 Αναλογική & ψηφιακή συσκευή επανάληψης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΗΓΕΣ ΣΗΜΑΤΟΣ

---

---

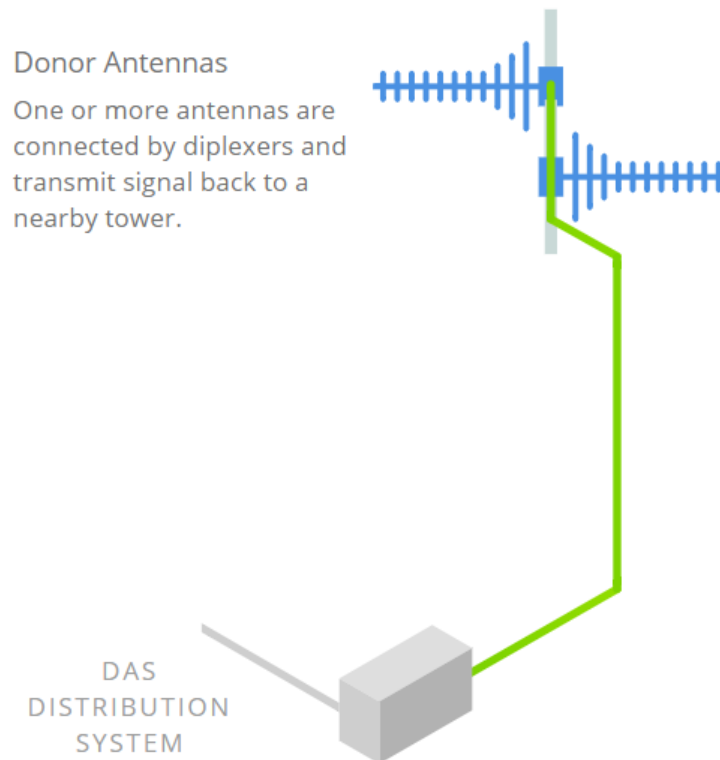
Ένα σύστημα DAS όπως έχει αναφερθεί διανέμει το σήμα σε ένα σύστημα. Αυτό το κυψελοειδές σήμα παρέχεται από μια πηγή και τροφοδοτεί το σύστημα. Υπάρχουν 4 τέτοια είδη πηγών τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

### 3.1 Off-Air

Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει μια donor κεραία η οποία τοποθετείται στην οροφή ενός κτιρίου. Η κεραία αυτή μεταδίδει τα σήματα που λαμβάνει από τους cell παρόχους. Αποτελεί παράδειγμα παθητικού DAS, επειδή ενισχύει το σήμα που λαμβάνει. Πρόκειται για ένα πολύ απλό σύστημα, λόγω της ομοαξονικής καλωδίωσης, των διαχωριστών και των ζευκτών. Έτσι λειτουργεί γρήγορα χωρίς να είναι ιδιαίτερα ακριβό. [11]

Αν κάποιος επιλέξει ένα off-air σύστημα θα πρέπει να έχει προβλέψει για έναν installer ο οποίος κατανοεί το donor σήμα. Αν το σήμα δεν είναι αρκετά ισχυρό, ένα off-air σύστημα δεν θα είναι σε θέση να βελτιστοποιήσει την κάλυψη, επειδή το κτίριο απλά δεν θα έχει αρκετό σήμα εισόδου να «δουλέψει». [12]

Ένα τέτοιο σύστημα συνιστάται για αντιμετώπιση προβλημάτων κάλυψης. Εάν όμως το δίκτυο παρουσιάσει προβλήματα όταν πολλοί άνθρωποι χρησιμοποιούν αρκετές συσκευές, ίσως δεν είναι η καταλληλότερη λύση. Ωστόσο, αν οι κλήσεις σε διάφορα σημεία του κτιρίου ή του χώρου δεν διακόπτονται, ένα off-air σύστημα αποτελεί τέλεια επιλογή. [12]



Εικόνα 6 Τυπική Off-Air Πηγή

### 3.2 Base Transceiver Station

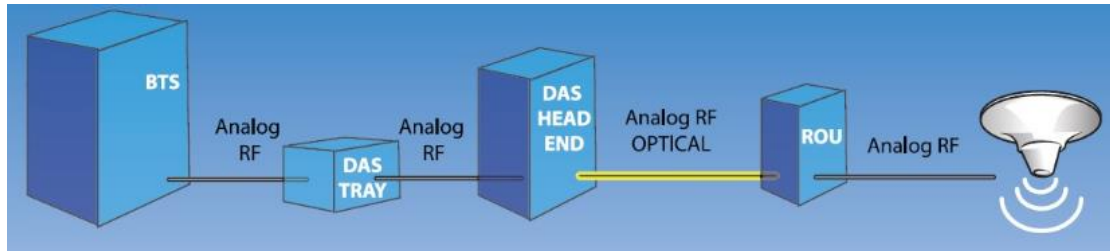
Ένα Base Transceiver Station (BTS) είναι μια πηγή κυψελοειδούς σήματος και επιτρέπει στο σήμα RF να μεταδίδεται σε ολόκληρο το δίκτυο DAS. Το BTS είναι αυτό που επιτρέπει σε ένα πύργο κινητής τηλεφωνίας να παράγει το σήμα και συνδέεται με τις κεραίες μέσω ινών. Οι οπτικές ίνες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι αφιερωμένες στο DAS διαφορετικά θα μπορούσε να επηρεαστεί η συνολική κάλυψη. [12]

Το BTS είναι ένα παράδειγμα ενεργού DAS επειδή χρησιμοποιεί ενεργά στοιχεία. Μπορεί να λειτουργήσει είτε για μεμονωμένους είτε για πολλαπλούς παρόχους. Το σήμα διανέμεται μέσω των οπτικών ινών, επιτρέποντας στη συνδεσιμότητα να φτάνει σε κάθε τμήμα της ιδιοκτησίας. [12]

Αυτός ο τύπος συστήματος συνιστάται συνήθως για περιοχές που είναι πολυσύχναστες και σε ζήτηση, όπως τα αεροδρόμια. Αυτοί οι σημαντικοί χώροι



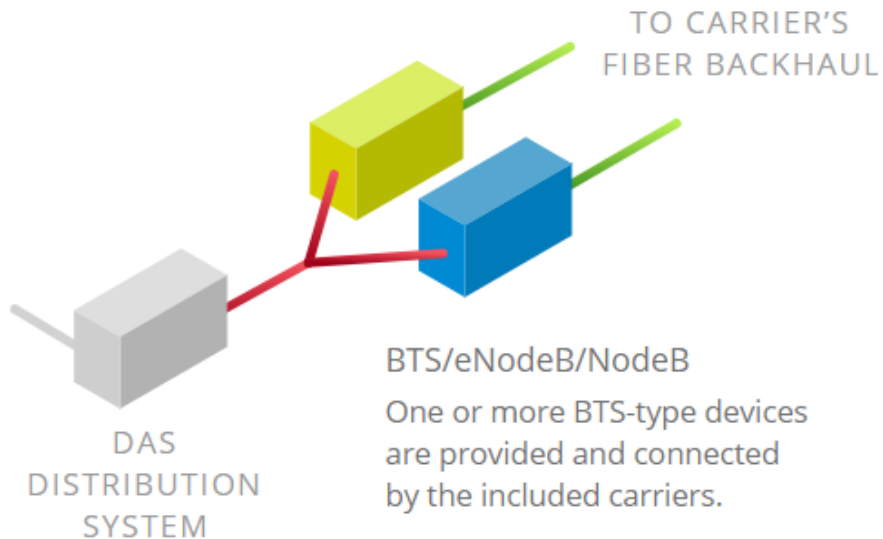
ενδέχεται να χρειαστούν ακόμα και πολλαπλές συσκευές BTS για να λειτουργήσουν σωστά. Όπως μπορείτε να φανταστείτε, ένα BTS DAS δεν είναι ένας εύκολος ή φθηνός σχεδιασμός, αλλά είναι συχνά ο μόνος τρόπος να χειριστούμε την αυξημένη χωρητικότητα ενός κτιρίου. [12]



Εικόνα 7 Σχεδιάγραμμα BTS

### 3.3 NodeB, ENodeB

Αυτές οι τεχνολογίες, όπως και το BTS, χρησιμοποιούνται συχνά στους κυψελοειδούς πύργους. Η σύνδεση με το BTS μιας εταιρείας κινητής τηλεφωνίας, γενικά απαιτεί μια αποκλειστική σύνδεση δικτύου εγκατεστημένου από την ίδια την εταιρεία. Το να επιλέξουμε αυτές τις τεχνολογίες επιφέρει τεράστια απόδοση. Από την άλλη πρόκειται για δαπανηρές λύσεις που απαιτούν σημαντικές υλικοτεχνικές εκτιμήσεις. [4] [11]



Εικόνα 8 BTS/NodeB/eNodeB

### 3.4 Small Cells

Οι μικρές κυψέλες είναι η τελευταία τεχνολογία που χρησιμοποιείται από τους φορείς για την παροχή κυψελοειδών υπηρεσιών εντός κτιρίων, με έναν οικονομικά αποδοτικό και γρήγορο χρόνο εγκατάστασης. Υπάρχουν πολλά είδη μικρών κυψελών συμπεριλαμβανομένων των femtocells, picocells, nanocells και metrocells. Όλα αυτά δημιουργούν μια ασφαλή σήραγγα στο δίκτυο της εταιρείας κινητής τηλεφωνίας μέσω μιας απλής σύνδεσης στο internet. Το αποτέλεσμα είναι να λαμβάνεται ένα αρκετά ποιοτικό και αποδοτικό σήμα που είναι δύσκολο να κλιμακωθεί σε σύγκριση με άλλες off-air πηγές σήματος. [4]

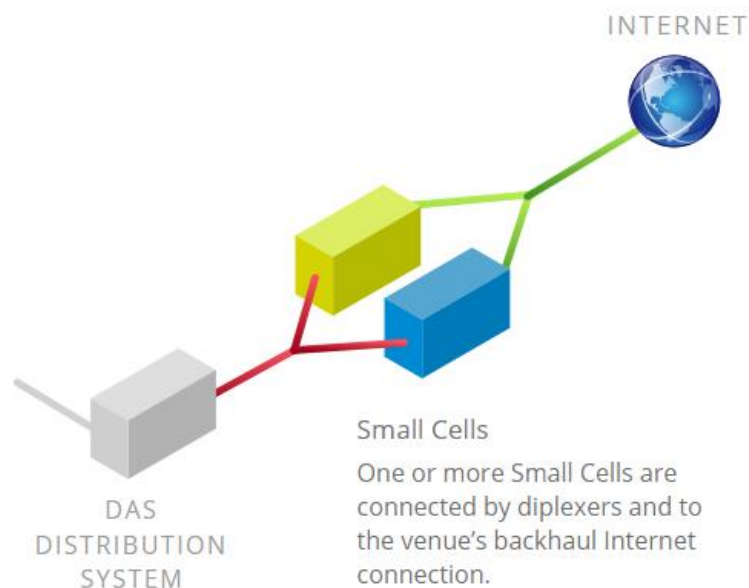
Τα small cells είναι σχετικά ακριβά, ενώ η περιοχή κάλυψής τους ξεκινά από τα 5000 τετραγωνικά πόδια και φτάνει και έως τα 15000. Αυτή η περιοχή κάλυψης μπορεί να επεκταθεί χρησιμοποιώντας ως πηγή σήματος ένα καταναμημένο σύστημα κεραίας. Κάθε small cell εξυπηρετεί περίπου 200 χρήστες και απαιτεί πολύ καλή σύνδεση στο διαδίκτυο. Ο συνδυασμός αυτής της τεχνολογίας με το σύστημα DAS επιφέρει πολύ καλά αποτελέσματα. [4]

Ωστόσο υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ αυτών των δύο τεχνολογιών που αξίζει να σημειωθούν. Το DAS χρησιμοποιεί ένα κεντρικό τροφοδοτικό για

πολλαπλούς κόμβους, ενώ τα μικρά κελιά απαιτούν ειδική τροφοδοσία για κάθε κόμβο ξεχωριστά. Επίσης το DAS μπορεί να υποστηρίξει ένα πλήθος συχνοτήτων (ζώνες 2G, 3G, 4G / LTE, 5G, VHF), σε αντίθεση με τα small cells που υποστηρίζουν μια προκαθορισμένη συχνότητα. [15]

Άλλη μια διαφορά είναι η υποστήριξη πολλαπλών παρόχων υπηρεσιών που προσφέρουν τα καταναμημένα συστήματα κεραίας. Η ακτίνα κάλυψης των συστημάτων DAS εκτείνεται αρκετά μίλια σε μήκος, ενώ μπορεί να υποστηρίξει έως και περίπου 1800 χρήστες. Για να καταφέρουμε την αύξηση της κάλυψης στα small cells θα πρέπει να εγκαταστήσουμε περισσότερους κόμβους. Επιπρόσθετα κάθε μεμονωμένη μικρή κυψέλη απαιτεί τη δική της σύνδεση backhaul στην πηγή δικτύου, ενώ ένα ολόκληρο δίκτυο DAS απαιτεί μόνο μία σύνδεση backhaul. Στα κύρια οφέλη των μικρών κυψελών ανήκει η γρηγορότερη και οικονομικότερη ανάπτυξη της τεχνολογίας σε σχέση με το DAS.[15]

Παρά τις διαφορές που παρουσιάζονται σε αυτές τις δύο λύσεις, μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για συμπληρωματικές τεχνολογίες. Ανάλογα με τις ανάγκες και τους στόχους που θέλουμε να καλύψουμε σε ένα έργο θα πρέπει να διαλέξουμε κατάλληλα ανάμεσα σε αυτές τις δύο τεχνολογίες. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι και τα δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί και να επιφέρουν εξαιρετικά αποτελέσματα όσον αφορά την απόδοση αλλά και το κόστος. [15]



Εικόνα 9 Τυπικό small cell

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

---

---

Όποια πηγή σήματος και αν χρησιμοποιεί ένα σύστημα, το DAS πρέπει να το ενισχύσει, να το διανείμει και να το αναμεταδώσει μέσω του κτιρίου. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι τεχνολογίας διανομής σήματος: ενεργός, παθητικός, υβριδικός και ψηφιακός. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε κάθε τύπο ξεχωριστά.

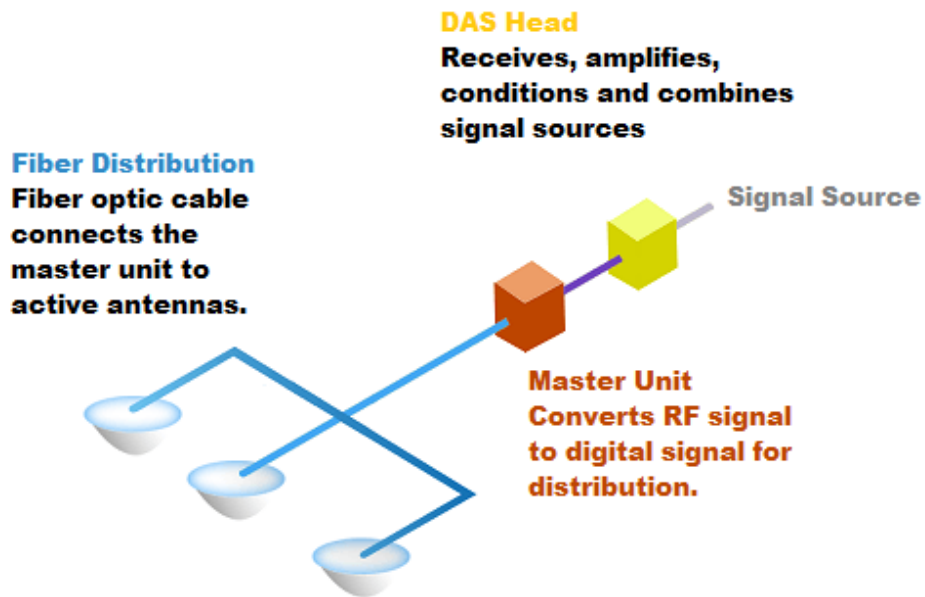
## 4.1 Active DAS

Ένα ενεργό σύστημα καταναμημένης κεραίας είναι μια ισχυρή και αποδοτική λύση για κυψελοειδή σύνδεση την οποία μπορούμε να εφαρμόσουμε σε μεγάλες περιοχές. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη λύση η οποία προσελκύει πολλούς χρήστες. Αυτό που κάνει ένα τέτοιο σύστημα, είναι να μετατρέπει σε ψηφιακό σήμα το αναλογικό RF μέσω μιας κεντρικής μονάδας. [5]

Συγκεκριμένα το σύστημα διανέμει το κυψελοειδές σήμα μεταξύ μιας κεντρικής πηγής και κάποιων απομακρυσμένων κόμβων DAS, τοποθετημένων γύρω από ένα κτίριο. Όπως αναφέρθηκε, το ενεργό σύστημα DAS χρησιμοποιείται σε μεγάλες σε έκταση περιοχές όπως γήπεδα και αεροδρόμια στα οποία η προσέλευση του κόσμου και η πρόσβαση στο δίκτυο είναι μεγάλη. [5]

Στα θετικά του συστήματος αυτού συγκαταλέγονται η εύκολη επεκτασιμότητα και τα απεριόριστα μήκη καλωδίων. Επίσης το καλώδιο Ethernet ή το καλώδιο οπτικών ινών μπορεί να διαμοιραστεί μέσω WiFi. [4]

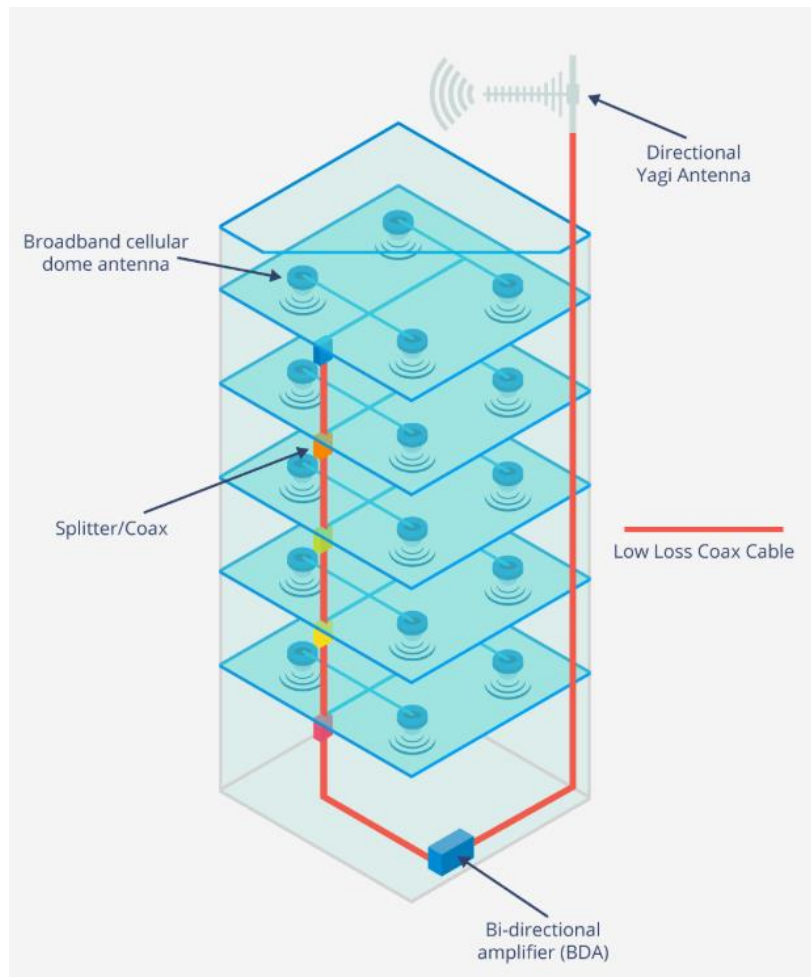
Παρά τις δυνατότητές του και τα οφέλη της χρήσης του, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα, η εγκατάστασή του αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία. Πέρα από το χρόνο που απαιτεί, χρειάζεται κατάλληλη υποδομή, χρήματα καθώς και την κατασκευή ενός ειδικού backhaul. [4] [5]



Εικόνα 10 Διάγραμμα ενεργού DAS

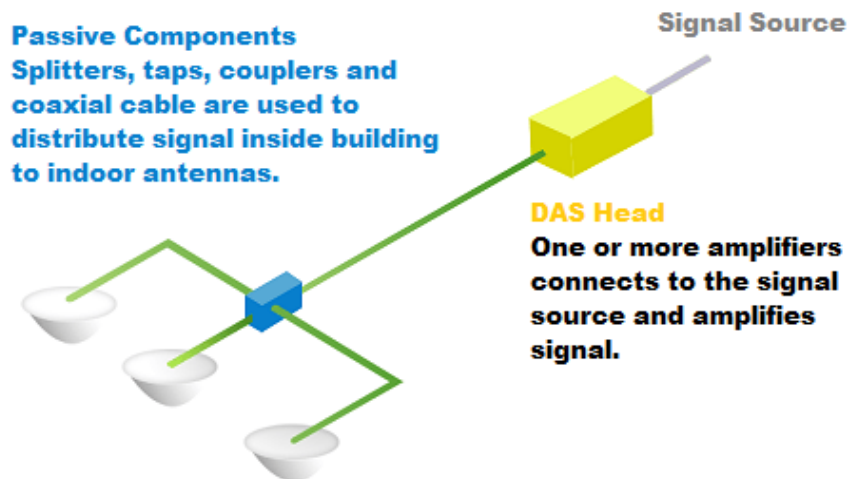
## 4.2 Passive DAS

Τα παθητικά DAS είναι γνωστά και ως ενισχυτές σήματος. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί εξαρτήματα που δεν απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια όπως τροφοδοτούμενους διαχωριστές, ζεύκτες και ομοαξονικά καλώδια. Επίσης δεν προσθέτει επιπλέον χωρητικότητα στο δίκτυο του παρόχου, επειδή χρησιμοποιεί το διαθέσιμο σήμα που παρέχεται από εξωτερικούς κυψελοειδείς πύργους, μέσω μιας donor κεραίας. Τα συστήματα αυτά στην ουσία ενισχύουν το σήμα από μια συγκεκριμένη θέση – συνήθως στην οροφή ενός κτιρίου – και το αναμεταδίδουν μέσα στο κτίριο. [5]



Εικόνα 11 Λειτουργία παθητικού DAS

Σε αντίθεση με το ενεργό DAS δεν χρειάζεται να δημιουργηθεί νέο σήμα. Επιπλέον το υλικό και οι εγκαταστάσεις είναι αρκετά πιο οικονομικές σε σχέση με αυτές του ενεργού, με εξαίρεση να αποτελεί η χρήση ομοαξονικού καλωδίου το οποίο είναι αρκετά δαπανηρό. Η συντήρηση ενός τέτοιου συστήματος είναι απλοϊκή και δεν απαιτείται επιπλέον εξοπλισμός για την υποστήριξη πολλαπλών παρόχων. Παρόλα αυτά χρειάζονται ακριβείς υπολογισμοί για τις συνδέσεις, προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη απόδοση. [4]

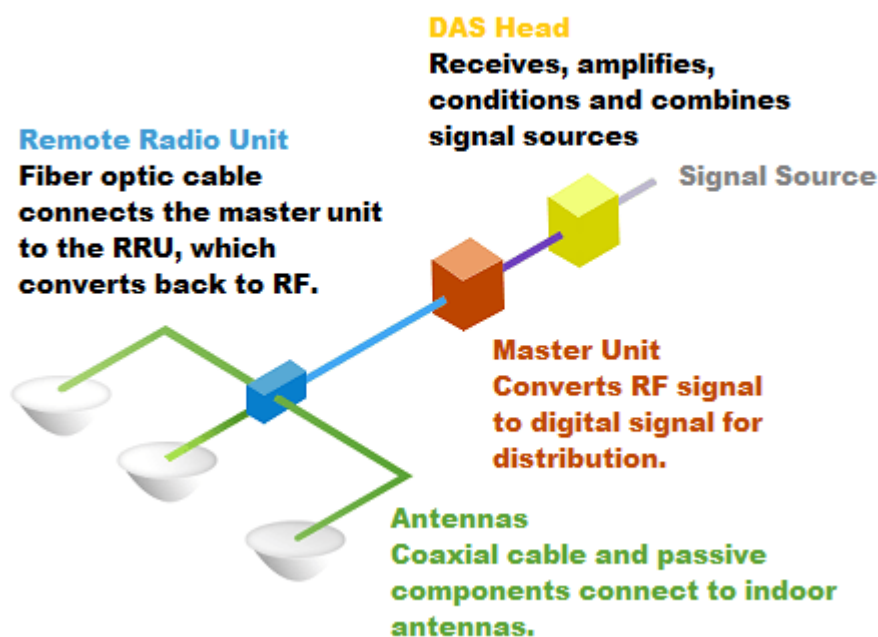


Εικόνα 12 Διάγραμμα παθητικού DAS

### 4.3 Hybrid DAS

Ένα υβριδικό σύστημα DAS συνδυάζει τεχνικές τόσο ενεργών όσο και παθητικών συστημάτων. Το σύστημα αυτό, μετατρέπει το αναλογικό σήμα RF σε ψηφιακό σήμα. Στη συνέχεια το ψηφιακό σήμα διανέμεται μέσω καλωδίων οπτικών ινών ή Ethernet σε μία Remote Radio Unit (RRU) η οποία βρίσκεται εγκατεστημένη σε κάθε όροφο ενός κτιρίου. Το RRU δέχεται το ψηφιακό σήμα και το μετατρέπει σε αναλογικό RF, το οποίο συνδέεται στη συνέχεια σε πολλαπλές κεραίες στο έδαφος μέσω ομοαξονικών καλωδίων και άλλων παθητικών εξαρτημάτων.

Σε σχέση με το ενεργό DAS, το υβριδικό είναι πιο οικονομικό. Στα πλεονεκτήματά του συγκαταλέγεται και το απεριόριστο μήκος καλωδίων στο δίκτυο κορμού. Ωστόσο συγκρίνοντάς το με το παθητικό DAS, το υβριδικό είναι αρκετά πιο ακριβό. Επιπλέον απαιτεί αρκετές συνδέσεις σε κάθε όροφο και η εγκατάστασή του αποτελεί περίπλοκη διαδικασία χάρη στις οπτικές ίνες και τα ομοαξονικά καλώδια που χρειάζεται.[4]



Εικόνα 13 Διάγραμμα υβριδικού DAS

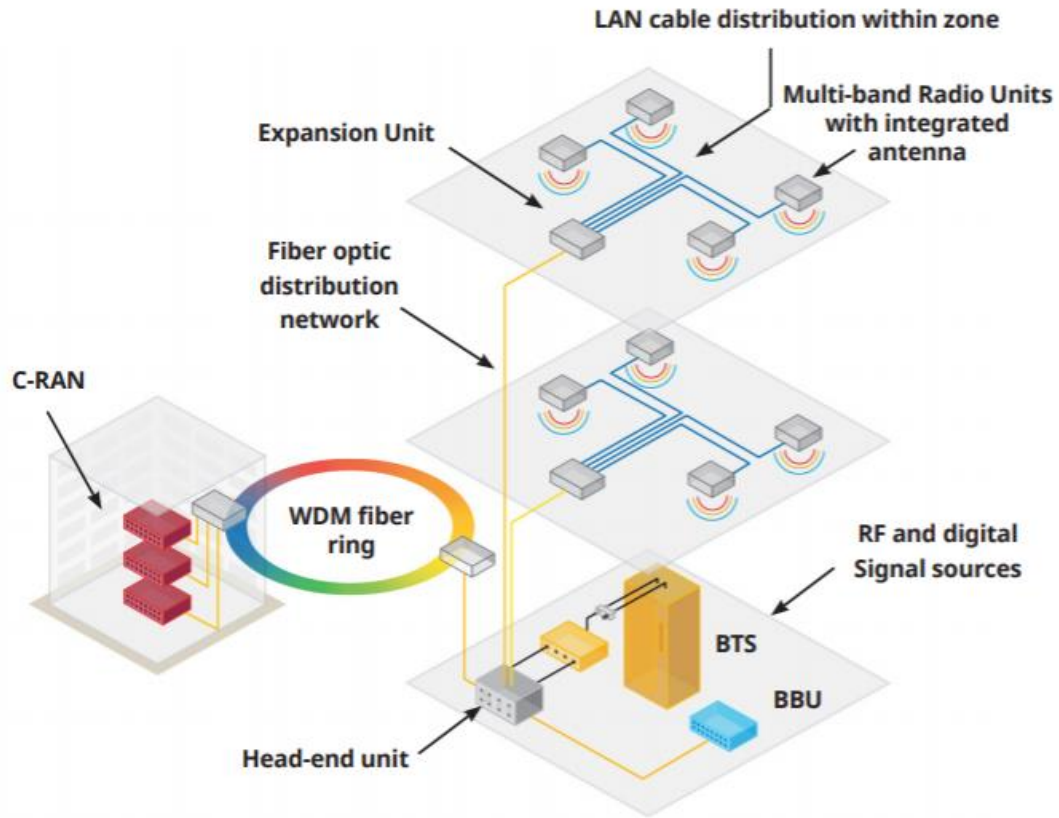
#### 4.4 Digital DAS

Πρόκειται για τον πιο πρόσφατο τύπο DAS. Το ψηφιακό DAS χρησιμοποιεί radios και είναι σε θέση να δέχεται ως είσοδο σήματα RF από μια ποικιλία σταθμών βάσης. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει ένα τυπικό ψηφιακό DAS με χωρητικότητα από τρεις διαφορετικές πηγές σήματος που παρέχουν κάλυψη σε δύο ορόφους του κτιρίου.

Η έννοια του Ψηφιακού DAS είναι η εκτέλεση μετατροπών ψηφιακού σε αναλογικό (D / A) και αναλογικού προς ψηφιακού (A / D) σε απομακρυσμένους κόμβους και όχι στο BTS. Είναι ένα πολύ πιο αποτελεσματικό σύστημα. Επίσης λειτουργεί με την προδιαγραφή Common Public Radio Interface (CPRI), η οποία επιτρέπει σε μια μονάδα βάσης ζώνης (BBU, ένα είδος BTS) να επικοινωνεί απευθείας με την κύρια μονάδα DAS και μέσω των απομακρυσμένων μονάδων χωρίς μετατροπή σε αναλογική διασύνδεση RF. Η βασική διάκριση μεταξύ ενός ψηφιακού DAS και ενός «αναλογικού» ενεργού DAS είναι ότι σε ένα ψηφιακό DAS η σύνδεση μεταξύ της μονάδας head-end και των πολλαπλών ραδιοφωνικών μονάδων είναι



ψηφιακή και όχι αναλογική. Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η εύκολη, απλή και οικονομική ανάπτυξη του συστήματος αυτού. [4] [8]



Εικόνα 14 Παράδειγμα ψηφιακού DAS

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ DAS ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

---

---

## 5.1 CPRI και DAS

Κατά καιρούς, η αντιστοίχιση ενός DAS με ένα σταθμό βάσης κινητού απαιτούσε τη χρήση ραδιοσυχνοτήτων ως μέσο διασύνδεσης, πράγμα που προσθέτει πολυπλοκότητα και κόστος στην ανάπτυξη. Αυτό το πρόβλημα κλήθηκε να αντιμετωπίσει η χρήση της διεπαφής CPRI. Το CPRI καθορίζει διαθέσιμες στο κοινό προδιαγραφές, που ορίζουν την εσωτερική διεπαφή που αναπτύσσεται μεταξύ των σταθμών βάσης και των ραδιοκεφαλών. Πολλές εταιρείες κινητής τηλεφωνίας όπως είναι η Ericsson, η Huawei, η Nokia Siemens Networks, η Alcatel-Lucent κ.α, συνεργάζονται για την ανάπτυξη αυτών των προδιαγραφών. [7]

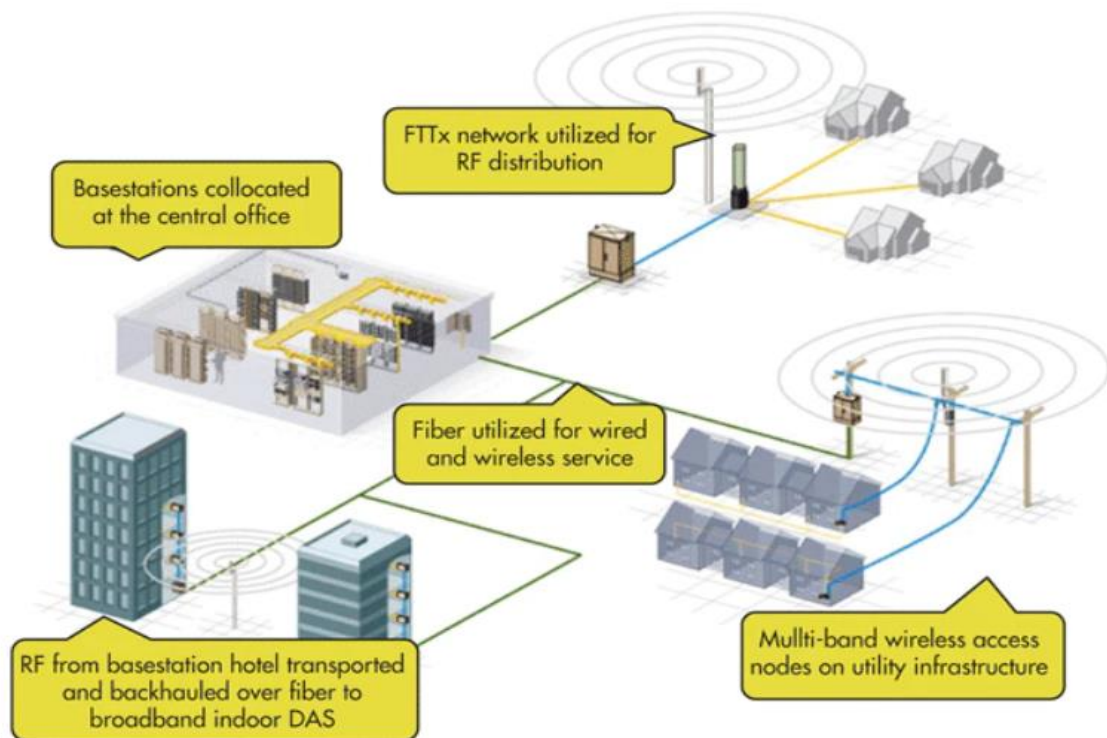
Η ιδέα πίσω από το CPRI ήταν να δημιουργήσει ένα ανοιχτό πρότυπο για τη διασύνδεση των base stations και των ραδιοκεφαλών. Στην πραγματικότητα κάτι τέτοιο δεν ισχύει καθώς κάθε κατασκευαστής ανέπτυξε το δικό του πρότυπο CPRI, που λειτουργεί μόνο όταν συνδέει τους δικούς του σταθμούς βάσης με τις δικές του ραδιοφωνικές κεφαλές. Συνέπεια αυτού, αποτελεί η ανέφικτη διασύνδεση του εξοπλισμού DAS απευθείας στους σταθμούς βάσης μέσω CPRI. [7]

Παρόλα αυτά η άμεση διασύνδεση με σταθμό βάσης μέσω CPRI αντί για RF εξοικονομεί χρήματα, χώρο και ενέργεια για την ανάπτυξη του DAS. Όλα αυτά τα στοιχεία είναι σημαντικά κατά την αξιολόγηση της πρακτικής και οικονομικής βιωσιμότητας στην ανάπτυξη του κατανεμημένου συστήματος κεραίας. Η ικανότητα των κατασκευαστών του DAS, να χρησιμοποιούν διασυνδέσεις CPRI έναντι των παραδοσιακών RF, βελτιώνει σημαντικά τον χρόνο ανάπτυξης και τις επιχειρηματικές περιπτώσεις για τους φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας, αυξάνοντας την εμβέλεια στην αγορά των DAS. Κάτι τέτοιο βέβαια απαιτεί την

συνεργασία από τους κατασκευαστές σταθμών, για την ανάπτυξη ειδικά προσαρμοσμένων διεπαφών CPRI. [7]

## 5.2 FTTx και DAS

Αντί να δημιουργηθεί από την αρχή ένα καινούργιο δίκτυο ινών για ένα DAS, υπάρχει η δυνατότητα να μεταφερθεί η κυκλοφορία του DAS σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση fiber-to-the-x (FTTx). Για το λόγο αυτό, οι πάροχοι τηλεφωνικών γραμμών και οι φορείς υπηρεσιών, συνεργάζονται για την ανάπτυξη αυτού του μοντέλου παρέχοντας πόρους όπως υποδομή, εργαλεία δικτύου και οπτικές ίνες. [7]



Εικόνα 15 Δίκτυο FTTx

Οι ίνες σε ένα δίκτυο FTTx συνήθως προέρχονται από ένα γραφείο εξυπηρέτησης με μεγάλη πρόσβαση σε απαραίτητες εγκαταστάσεις για να φιλοξενήσουν τους πόρους BTS. Η πρόσβαση σε αυτές τις ίνες στους

απομακρυσμένους κόμβους, δημιουργεί ένα περιβάλλον όπου ο χειριστής καλωδίων μπορεί να μισθώνει χώρο, ούτως ώστε ο ασύρματος χειριστής να καταφέρει να τοποθετήσει τους πόρους BTS σε μια τοποθεσία που θα αναπτύξει. [7]

Ο πάροχος ασύρματης γραμμής, προκειμένου να ενισχύσει την κάλυψη αυτή μπορεί να χρησιμοποιήσει οπτικούς διαχωριστές που συνδέουν το ασύρματο σήμα από το σταθμό βάσης στο δίκτυο FTTx για διανομή στις απομακρυσμένες μονάδες. Επίσης μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες μήκους κύματος και να χρησιμοποιήσει κοινό backhaul και ισχύ, για να ελαχιστοποιηθούν το κόστος και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Άλλη μια μέθοδος είναι να εισάγει τις τεχνολογίες Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) ή Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM), για να διαχωρίσει τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται στο DAS, ελαχιστοποιώντας τη χρήση ινών. Το ποια λύση ταιριάζει καλύτερα σε ένα δεδομένο περιβάλλον εξαρτάται από το δίκτυο και τις απαιτήσεις του χρήστη. Τέλος άλλος ένας τρόπος είναι να αξιοποιήσει κάποιο χώρο, όπως ένα κεντρικό γραφείο, υπόγειο κτλ προκειμένου να στεγάσει τους σταθμούς βάσης ασύρματων φορέων που θα παρέχουν τα σήματα για το DAS. Συνεπώς τα δίκτυα DAS μπορούν να επικαλυφθούν πολύ αποδοτικά σε υποδομές FTTx, χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή ινών για τη διερεύνηση της κάλυψης ενός συστήματος DAS. [7]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DAS

---

---

Η εγκατάσταση του συστήματος DAS επιφέρει πολλά οφέλη παρά το κόστος της. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που θα μπορούσε κάποιος να αναμένει από ένα τέτοιο σύστημα:

**Κάλυψη:** Υπάρχουν πολλά προφανή οφέλη για την παροχή αξιόπιστης κάλυψης, όπως ευκολία, αυξημένη παραγωγικότητα και πρόσθετη ασφάλεια.

**Χωρητικότητα:** Παρέχει αύξηση της χωρητικότητας του κυψελοειδούς πύργου παρέχοντας πολλαπλές κεραιές για μονές ή πολλαπλές ζώνες και για πολλαπλές τεχνολογίες (GSM, CDMA, LTE, LTE-Advanced κ.λπ.). [13]

**Ευελιξία:** Τα συστήματα DAS μπορούν να χειριστούν πολλαπλές ζώνες για πολλαπλούς χρήστες ταυτόχρονα, ενώ τα μικρά δίκτυα κινητής μπορούν να υποστηρίξουν μόνο μία ή δύο ζώνες για έναν ή δύο φορείς. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει στα δίκτυα DAS να είναι πολύ πιο εύχρηστα για μεγάλες συγκεκριμένες τοποθεσίες όπου οι πάροχοι κινητής γνωρίζουν ότι η ζήτηση για πρόσθετο εύρος ζώνης θα είναι υψηλή.

**Μειωμένη παρεμβολή:** Μια ενοποιημένη λύση DAS μειώνει την παρεμβολή μεταξύ σημάτων.

**Σύνδεση με Wi-Fi:** Το DAS μπορεί να περιλαμβάνει Wi-Fi. Όταν το Active DAS χρησιμοποιείται με συνδεσιμότητα ινών, είναι δυνατό να δημιουργηθεί ένα Wi-Fi AP

σε κάθε μονάδα απομακρυσμένης κεραίας ή απλά να προστεθεί ένα Wi-Fi AP δίπλα σε κάθε μονάδα απομακρυσμένης κεραίας. [14]

**Επεκτασιμότητα:** Καθώς οι τεχνολογίες εξελίσσονται και οι ανάγκες επικοινωνίας αλλάζουν, μια λύση DAS μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί για να ικανοποιήσει τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις.

**Small Cells:** Τα small cells δημιουργούν εξαιρετικές πηγές σήματος για το DAS. Καθώς τα small cells με λογική χωρητικότητα γίνονται διαθέσιμα, βλέπουμε ευκαιρίες για αντικατάσταση των μεγάλων ντουλαπιών που χρησιμοποιούνται συνήθως ως πηγή σήματος. Έτσι συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται small cells λόγω του μικρού μεγέθους και κόστους. Οι μικρές κυψέλες μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν το DAS ως backhaul. [14]

Ακόμα το DAS βοηθά στην παροχή σύνδεσης στο Διαδίκτυο σε μια ενιαία περιοχή από πολλούς τηλεπικοινωνιακούς παρόχους. Επίσης βοηθά να ξεπεραστούν οι παρεμβολές RF καθώς η ίδια κάλυψη καλύπτεται με χαμηλότερες δυνάμεις μετάδοσης από διάφορες κεραίες. Με αυτή τη λύση παρέχεται μεγαλύτερη ικανοποίηση στους πελάτες, καθώς δεν υπάρχουν προβλήματα με τις κλήσεις. Επιπλέον, οι αποτυχίες πρόσβασης στο δίκτυο είναι λιγότερες. Για τη βελτίωση της ταχύτητας επικοινωνίας το σύστημα DAS μπορεί να συνδυαστεί με τεχνικές Multiple Input Multiple Output (MIMO)/ Beamforming. [13]

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DAS

---

---

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα βασικά μειονεκτήματα των συστημάτων DAS, τα οποία είναι το κόστος, το backhaul και η δυνατότητα αναβάθμισης. Τα μειονεκτήματα αυτά αναλύονται στη συνέχεια.

## **Κόστος**

Όταν αναφερόμαστε στην υλοποίηση ενός δικτύου DAS, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας μια πολύ σημαντική παράμετρο που είναι το κόστος. Ειδικά όταν χρειαζόμαστε επέκταση της κάλυψης και του εύρους ζώνης της, τα συστήματα αυτά είναι αρκετά δαπανηρά. Άλλος ένας λόγος που τα καθιστά ακριβά είναι ότι απαιτούν πολλαπλές κεφαλές ραδιοφώνου (ή Remote Radio Head, RRH >>) και συνδέσεις αυτών με το κεντρικό διανομέα, χρησιμοποιώντας καλώδια οπτικών ινών. Το κόστος αυξάνεται δραματικά αν σκεφτούμε ότι τα συστήματα DAS εφαρμόζονται σε πολύ μεγάλους χώρους όπως αεροδρόμια, γήπεδα κλπ. [6]

## **Backhaul**

Η τεχνολογία DAS απαιτεί σύνθετη εργασία διαχείρισης καλωδίων στο τμήμα backhaul. Επίσης για τις κεφαλές ραδιοφώνου που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση κυψελοειδούς σήματος, απαιτείται η εγκατάσταση καλωδίων οπτικών ινών, διαδικασία που μπορεί να γίνει αρκετά πολύπλοκη. Κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης τα καλώδια αυτά δρομολογούνται μέσω των τοίχων και άλλων σημαντικών κατασκευών. Για το λόγο αυτό η παραπάνω εργασία θα πρέπει να γίνει πολύ προσεκτικά ούτως ώστε να μην προκληθεί σοβαρή βλάβη στην εγκατάσταση.[6]

### **Δυνατότητα Αναβάθμισης**

Άλλο ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι η δυνατότητα αναβάθμισης. Είναι δύσκολο να αναβαθμίσουμε ένα σύστημα DAS κατά τη διαδικασία τροποποίησης σε σύγκριση με τα δίκτυα μικρών κυψελών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαδικασία αναβάθμισης OTA χρησιμοποιείται στα δίκτυα μικρών κυψελών, ενώ η τεχνολογία DAS απαιτεί αντικατάσταση των συστημάτων όπως οι σταθμοί βάσεις ή τροποποιήσεις στις ίδιες τις κεφαλές ραδιοφώνου. [6]



## ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

---

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν η κατανόηση του Κατανεμημένου Συστήματος Κεραίας και η ανάλυση της λειτουργίας του. Αρχικά αναλύθηκε πιο γενικά ο όρος του τι είναι ένα σύστημα DAS και που χρησιμοποιείται. Συγκεκριμένα τα κατανεμημένα συστήματα κεραίας είναι δίκτυα χωρικά διαχωρισμένων κόμβων κεραιών που βελτιώνουν την ασύρματη κάλυψη σε διαφορετικές περιοχές κάλυψης, όπως εσωτερικοί ή εξωτερικοί χώροι υψηλής πυκνότητας ή σε περιοχές όπου η γεωγραφία εμποδίζει τα ασύρματα σήματα. Στη συνέχεια επεξηγήθηκε η βασική λειτουργία του και τα πιο σημαντικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται. Πιο συγκεκριμένα ένα τέτοιο σύστημα διανέμει το σήμα, το οποίο παρέχεται από την πηγή. Υπάρχουν 4 τέτοια είδη πηγών και είναι τα off-air, τα BTS, τα NodeB-ENodeB και τα small cells. Σε επόμενο κεφάλαιο αναφέρθηκαν τέσσερις βασικοί τύποι τεχνολογίας διανομής σήματος ο ενεργός, ο παθητικός, ο υβριδικός και ο ψηφιακός. Όποια πηγή σήματος και αν χρησιμοποιεί το σύστημά μας, το DAS θα πρέπει να το διανείμει και να το ενισχύσει μέσω για παράδειγμα ενός κτιρίου.

Συμπερασματικά οι λύσεις δικτύου DAS θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν ρόλο στην προσπάθεια επέκτασης της συνδεσιμότητας δικτύου στο άμεσο μέλλον. Ωστόσο, ο ρόλος τους σε μικρότερους εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους είναι πιθανό να μειωθεί καθώς η τεχνολογία των small cells συνεχίζει να ωριμάζει. Για μεγαλύτερους χώρους, οι λύσεις δικτύου DAS θα συνεχίσουν να παρέχουν εξαιρετική απόδοση δικτύου για πολλές ζώνες και πολλαπλούς φορείς. Εάν το κόστος ενός δικτύου DAS δεν αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα, είναι πιθανό οι πάροχοι κινητής τηλεφωνίας να συνεχίσουν να επιλέγουν κατανεμημένα συστήματα κεραιών για να προσφέρουν αξιόπιστη σύνδεση στο διαδίκτυο για μεγάλες ομάδες ατόμων που βρίσκονται σε μια μικρή γεωγραφική τοποθεσία.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

---

- [1].<http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/publications/WMNC%20paper.pdf?fbclid=IwAR0h22hf0xsl1XO202KeiD1-0TfH2epLMyd0I80ynp93SCIjEK2o-OuXl6Q>
- [2].[http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/publications/Analyzing-Small-Cells-and-Distributed-Antenna-Systems-from-Techno-Economic-Perspective.pdf?fbclid=IwAR2GLmatZzCXL\\_Al1gBOg-MSrPgR6ZpgJ1lmzVtSSFywP2nnh\\_mgDAQDKSo](http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/publications/Analyzing-Small-Cells-and-Distributed-Antenna-Systems-from-Techno-Economic-Perspective.pdf?fbclid=IwAR2GLmatZzCXL_Al1gBOg-MSrPgR6ZpgJ1lmzVtSSFywP2nnh_mgDAQDKSo)
- [3].<https://www.everythingrf.com/community/what-are-distributed-antenna-systems>
- [4].<https://www.waveform.com/pages/das-distributed-antenna-systems>
- [5]. <https://www.wilsonpro.com/blog/the-ultimate-guide-to-distributed-antenna-systems>
- [6].<https://www.landmarkdividend.com/what-is-a-das-system/>
- [7].<https://www.electronicdesign.com/technologies/communications/article/21798919/understanding-distributed-antenna-systems-dass>
- [8]. <https://daspedia.com/analog-or-digital>
- [9]. <https://harriscommunications.com/distributed-antenna-system-das-tutorial>
- [10]. <https://www.signalbooster.com/blogs/news/5-main-components-of-active-das-distributed-antenna-system>
- [11]. <https://www.signalbooster.com/pages/active-distributed-antenna-system-das-design-installation>
- [12]. <https://connectivitywireless.com/understanding-das-antenna-design/>

- [13]. <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-Distributed-Antenna-System-DAS.html>
- [14]. <https://www.cablinginstall.com/wireless-5g/article/16474163/6-key-advantages-to-using-das>
- [15]. <https://info.aldensys.com/joint-use/das-vs-small-cell-7-ways-they-are-different>
- [16]. <https://www.youtube.com/watch?v=pT0oCq6rp48>