



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ**

*ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ*

**ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ**

---

---

**DEVICE TO DEVICE COMMUNICATION**

---

---

**ΚΟΛΟΒΟΣ ΓΙΩΡΓΟΣ**

**Α.Μ : 236308**

*ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ*

**ΠΑΤΡΑ 2020**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

---

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....</b>	<b>2</b>
<b>ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....</b>	<b>4</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΠΟΙ ΧΡΗΣΗΣ D2D ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 LOCAL DATA ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1 INFORMATION SHARING .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.2. DATA AND COMPUTATION OFFLOADING .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. MACHINE TO MACHINE ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....</b>	<b>13</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ .....</b>	<b>14</b>

<b>3.1 INBAND D2D ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 OUTBAND D2D ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 D2D ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ LTE.....</b>	<b>19</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 ΚΟΣΤΟΣ .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....</b>	<b>25</b>
<b>4.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΟΡΩΝ.....</b>	<b>25</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>26</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>27</b>

# ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

---

---

DEVICE-TO-DEVICE	D2D
ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ	BS
USER EQUIPMENT	UE
ΕΝΤΟΣ ΖΩΝΗΣ	INBAND
ΕΚΤΟΣ ΖΩΝΗΣ	OUTBAND
UPLINK	UL
DOWNLINK	DL
ΔΙΚΤΥΟ EVOLUTION- ADVANCED	LTE-A
SESSION ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΝΑΡΕΗΣ	SIP
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ	IP
ΤΟΠΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ	LOCAL DATA SERVICE
INTERNET OF THINGS	IOT
INTELLIGENT TRAFFIC SYSTEM	ITS
LONG-TERM EVOLUTION ADVANCED	LTE-ADVANCED
MACHINE TO MACHINE	M2M
ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	LPWAN
VEHICLE TO VEHICLE	V2V
EVOLVED PACKET CORE	EPC
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΓΓΥΘΗΤΑΣ	PROSE
DIRECT PROVISIONING FUNCTION -	DPF

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

---

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

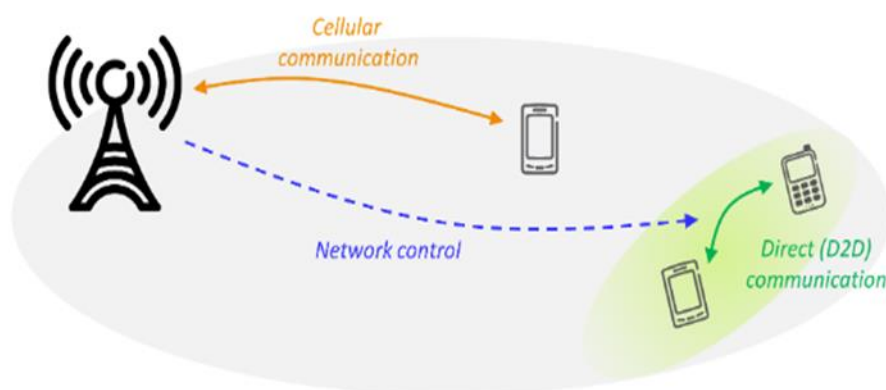
Η επικοινωνία Device-to-Device (D2D) ορίζεται κατα κύριο λόγο ως η άμεση επικοινωνία μεταξύ δύο χρηστών κινητών τηλεφώνων χωρίς να χρειαστεί μεσολάβηση από κάποιο σταθμό βάσης (BS) ή ένα κεντρικό δίκτυο. Στα κυψελοειδή δίκτυα η επικοινωνία αυτή μπορεί να συμβεί στις κυψελοειδείς συχνότητες (δηλαδή, inband) ή σε κάποιο φάσμα (δηλαδή, outband). Με τον όρο κυψελοειδείς συχνότητες εννοούμε όλα τα σύνολα εύρους συχνοτήτων εντός της εξαιρετικά υψηλής συχνότητας ζώνης που χρησιμοποιείται για κινητές συσκευές [1] ενώ η διαχείριση του φάσματος είναι η διαδικασία ρύθμισης της χρήσης ραδιοσυχνοτήτων για την αποτελεσματικότερη χρήση των τηλεπικοινωνιών.

Σε αντίθεση με την επικοινωνία Device-to-Device (D2D), σε ένα παραδοσιακό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, όλες οι επικοινωνίες πρέπει να περνούν μέσω του BS. Η επικοινωνία τέτοιου τύπου συνιθίζεται σε συμβατικές υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας χαμηλού ρυθμού δεδομένων, όπως φωνητική κλήση και ανταλλαγή μηνυμάτων κειμένου. Σήμερα όμως, οι χρήστες κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν υπηρεσίες που απαιτούν υψηλό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων όπως για παράδειγμα παιχνίδια, και μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Στην περίπτωση που οι χρήστες βρίσκονται σε μικρή εμβέλεια η οποία επιτρέπει άμεσες επικοινωνίες (δηλ. D2D) θα μπορούσε να αυξηθεί σημαντικά η φασματική απόδοση του δικτύου, να μειωθεί η καθυστέρηση καθώς επίσης και η απαιτούμενη ενέργεια [2] [3]. Η επικοινωνία Device-to-Device (D2D) είναι μια νέα τεχνολογία που μπορεί να προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα για το LTE δίκτυο. Εκτός από την υψηλότερη φασματική απόδοση ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι οι ασύρματες υπηρεσίες peer-to-peer (P2P) και γι' αυτό θεωρείται πολλά υποσχόμενη τεχνική για το ασύρματο σύστημα επικοινωνιών 5G. Τα τελευταία χρόνια, η εκθετική αύξηση της κυκλοφορίας δεδομένων έχει φανερώσει την ανάγκη για ανάπτυξη του Δικτύου Evolution-Advanced (LTE-A). Επομένως, το κίνητρο για το D2D προέρχεται

απευθείας από τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις του χρήστη. Οι επικοινωνίες D2D θα εξυπηρετούν συγκεκριμένες μελλοντικές ανάγκες και θα επιτρέψουν νέους τύπους υπηρεσιών [4]. Αυτό τις καθιστά βασική τεχνολογία για την επίλυση ορισμένων προβλημάτων, όπως κάλυψη και διαχείριση παρεμβολών. Το D2D ενισχύει επίσης και την απόδοση του δικτύου. Κατηγοριοποιούμε τη D2D επικοινωνία σε κυψελοειδές δίκτυο με βάση το φάσμα στο οποίο λαμβάνει χώρα. Είναι δηλαδή διαφορετικό από το Bluetooth και το WiFi-direct. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες πολυπλοκότητες στην εγκατάσταση και ανάπτυξη του σε προηγμένα δίκτυα LTE:

- Οι συσκευές D2D προκαλούν παρεμβολές στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και επηρεάζουν την απόδοση του.
- Οι επικοινωνίες D2D καθορίζουν νέες απαιτήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Ετσι, στο LTE-Advanced παρουσιάστηκαν δύο τεχνικές για D2D επικοινωνίες. Η μία χρησιμοποιεί το Session Πρωτόκολλο έναρξης (SIP) και η δεύτερη το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP). Και οι δύο αυτές τεχνικές έχουν το πλεονέκτημα της παροχής ελέγχου της συνδεσιμότητας από τον χειριστή.



Εικόνα 1.1 : Με μπλέ γραμμή φαίνεται ένα παραδοσιακό δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, όλες οι επικοινωνίες πρέπει να περνούν μέσω του BS ή ένα κεντρικό δίκτυο. Με πράσινο χρώμα φαίνεται επικοινωνία Device-to-Device (D2D) δηλαδή η άμεση επικοινωνία μεταξύ δύο χρηστών κινητών τηλεφώνων χωρίς να χρειαστεί μεσολάβηση [28] .

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΠΟΙ ΧΡΗΣΗΣ D2D ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

---

---

Λαμβάνοντας υπόψιν τα ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα μεταφοράς και παράδοσης δεδομένων, θεωρούμε ότι οι κόμβοι κινητής τηλεφωνίας μοιράζονται τους πόρους τους μεταξύ τους και ακολουθούν τους κανόνες των πρωτοκόλλων δικτύωσης. Ωστόσο, κάποιες φορές είτε λόγω περιορισμένων πόρων είτε κακόβουλων ενεργειών ενδέχεται να διαταραχθεί η κανονική λειτουργία της διαδικασίας μετάδοσης δεδομένων [5]. Αυτό το ζήτημα γίνεται πιο δύσκολο όταν για τη επικοινωνία δύο συσκευών είναι απαραίτητη η μεσολάβηση από κάποια σταθμό βάσης (BS) ή ένα κεντρικό δίκτυο. Επομένως αφού η επικοινωνία Device-to-Device (D2D) επιτρέπει στις συσκευές να επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους, μοιάζει συνεχώς και πιο αναγκαία τεχνολογία. Τα πιθανά σενάρια εφαρμογών περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, υπηρεσίες όπου οι συσκευές μπορούν να ενεργοποιούν διαφορετικές υπηρεσίες (όπως διαφημίσεις, τοπική ανταλλαγή πληροφοριών, έξυπνη επικοινωνία μεταξύ συσκευών κ.λπ.). Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν υποστήριξη δημόσιας ασφάλειας σε περίοδο έκτακτης ανάγκης όπως σε περίπτωση βλάβης της ραδιοφωνικής υποδομής. Αρκετά συνοπτικά, οι εφαρμογές μπορεί να είναι:

**A) Τοπικές υπηρεσίες(local data service):** Στην τοπική υπηρεσία, τα δεδομένα χρήστη μεταδίδονται απευθείας μεταξύ των τερματικών και δεν περιλαμβάνεται η πλευρά του δικτύου.

**B) Εφαρμογές IoT:** Το D2D μπορεί εύκολα να συνδυαστεί με το Internet of things (IoT), έχοντας εντυπωσιακά αποτελέσματα. Ένα παράδειγμα εφαρμογής βρίσκεται στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας και πιο συγκεκριμένα η τεχνολογία ITS(intelligent traffic system). Σκεφτείτε ένα όχημα που μπορεί να προειδοποιήσει τα

κοντινά οχήματα σε λειτουργία D2D πριν αλλάξει λωρίδες ή επιβραδύνει. Αναλυτικότερα θα αναφερθούμε παρακάτω [6].

**Γ) Επικοινωνία έκτακτης ανάγκης:** Σε περίπτωση φυσικών καταστροφών, το παραδοσιακό δίκτυο επικοινωνίας ενδέχεται να καταρεύσει λόγω ζημιών που προκλήθηκαν. Ένα απλό παράδειγμα είναι μια πυρκαγιά που κατέστρεψε έναν κόμβο του δικτύου ή που μπορεί να ξέσπασε σε κάποιο κτίριο και οι ένοικοι να βρίσκονται σε κίνδυνο. Το δίκτυο ad-hoc μπορεί να δημιουργηθεί μέσω D2D το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για επικοινωνία σε τέτοιες περιπτώσεις.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για την βελτίωση της αίσθησης του χρήστη σε κοινωνικά δίκτυα και να προσφέρει πιο άμεση επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των χρηστών. Εφαρμογή μπορεί να βρεθεί ακόμη και για πιο άμεση και στοχευμένη διαφήμιση εκμεταλλεύοντας την εγγύτητα.



Εικόνα 2.1 : Στην εικόνα παρουσιάζονται κάποιες από τις εφαρμογές που αναφέρθηκαν παραπάνω [28].

Με το D2D οι χρήστες θα είναι σε θέση να επωφεληθούν από μια σειρά υπηρεσιών που διαφορετικά δεν θα ήταν δυνατές. Τέτοιες είναι εφαρμογές όπως η επικοινωνία δημόσιας ασφάλειας και η πληροφόρηση σχετικά με την εγγύτητα που



αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το μέλλον για το D2D μοιάζει γόνιμο. Εκμεταλλεύοντας τον αυξημένο ρυθμό δεδομένων, το μειωμένο λανθάνοντα χρόνο επικοινωνίας καθώς και την μειωμένη κατανάλωση ενέργειας μπορεί να επιτρέψει στους χρήστες να βιώσουν οφέλη που δεν είχαν καν φανταστεί. Επιπλέον, σε μία τεχνολογία κυψελοειδές δικτύου D2D, τα πιθανά οφέλη και οι τεχνικές λύσεις των ελεγχόμενων συσκευών περιλαμβάνουν :

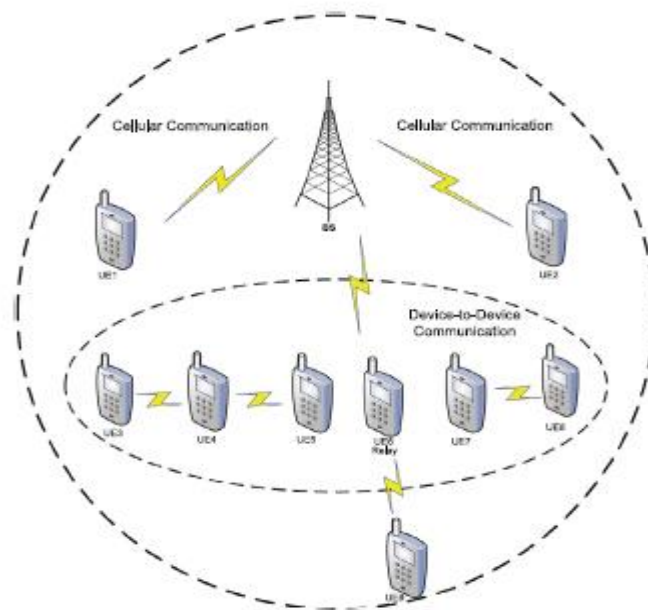
- Αύξημένη χωρητικότητα: λόγω της δυνατότητας κοινής χρήσης πόρων μεταξύ κυψελοειδών και D2D χρηστών.
- Μείωση καθυστέρησης: όταν οι συσκευές επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους, ο λανθάνων χρόνος από άκρο σε άκρο μπορεί να μειωθεί.
- Αύξημένο κέρδος ρυθμού δεδομένων για τον χρήστη: μπορεί να επιτευχθούν υψηλοί ρυθμοί λόγω της εγγύτητας

Η επιτυχία αυτής της τεχνολογίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εφαρμογές που θα αναπτυχθούν τα επόμενα χρόνια .Απαραίτητο είναι να ξεπεραστούν τα προβλήματα που έχουν να κάνουν με τη διαχείριση παρεμβολών, την ασφάλεια των συσκευών και την εξασφάλιση της μη παραβίασης των προσωπικών δεδομένων του χρήστη. Επομένως, η επικοινωνία D2D συνεπάγεται νέες προκλήσεις για το σχεδιασμό συσκευών και του συνολικού δικτύου. Η επικοινωνία Device to Device και οι κινητές επικοινωνίες έχουν τους ίδιους πόρους ραδιοφώνου Το δίκτυο ελέγχει και βελτιστοποιεί τη χρήση των πόρων τόσο για την κυψελοειδή επικοινωνία όσο και για την D2D, με αποτέλεσμα βελτιωμένη απόδοση και ποιότητα υπηρεσίας. Το D2D καθορίζεται από το 3GPP, εστιάζοντας σε εφαρμογές δημόσιας ασφάλειας και υπηρεσίες που βασίζονται σε εγγύτητα ενώ πλέον αναγνωρίζεται ως ένα από τα τεχνολογικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής 5G που εξελίσσεται ραγδαία .

## **2.1 LOCAL DATA ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ**

Στην τοπική υπηρεσία, τα δεδομένα χρήστη μεταδίδονται απευθείας μεταξύ των τερματικών και δεν δρομολογούνται από την μεσολλάβηση του δικτύου. Η τοπική υπηρεσία βρίσκει κυρίως εφαρμογή στα κοινωνικά δίκτυα και τις υπηρεσίες τους λόγω

της εκμετάλλευσης της εγγύτητας. Με τις λειτουργίες D2D, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να βρει, να συνδεθεί και να επικοινωνήσει με άλλους κοντινούς χρήστες. Έχει έτσι την ευκολία να μοιραστεί δεδομένα ή ακόμη και να ψηχαγωγηθεί παίζοντας παιχνίδια μαζί με τους πιο κοντινούς του χρήστες. Δεύτερη σημαντική εφαρμογή τοπικής υπηρεσίας είναι η μετάδοση δεδομένων τοπικά. Αξιοποιείται σε έπακρο η δυνατότητα άμεσης και άμεσης μετάδοσης δεδομένων του D2D εξοικονομώντας πόρους του συστήματος. Δημιουργείται έτσι ένας νέος τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή εσόδων και να οφελείσει εμπορικά τους χειριστές μιάς και η τοπική διαφήμιση, υπηρεσία που βασίζεται στην εγγύτητα, μπορεί να στοχεύει με ακρίβεια τους ανθρώπους για να μεγιστοποιήσει τα οφέλη της. Ένας χρήστης κινητής συσκευής μπορεί να λαμβάνει ειδοποιήσεις για προσφορές αμέσως στην περίπτωση που βρεθεί κοντά σε κάποιο σημείο με εμπορικό ενδιαφέρον όπως για παράδειγμα μια αγορά ή ένα εμπορικό κέντρο. Αυτό οφελεί τον χρήστη καθώς και τον ειδοποιεί αλλά και την άλλη πλευρά προσφέροντας επιπλέον κερδος. Τέλος χρησιμοποιώντας επικοινωνία D2D, μπορεί να είναι ένας μεγάλος όγκος δεδομένων μεταφέρεται γρήγορα μεταξύ κινητών συσκευών σε μικρή απόσταση. Η επικοινωνία D2D μπορεί να υποστηρίξει τις τοπικές υπηρεσίες δεδομένων αποτελεσματικά μέσω μεταδόσεων unicast, groupcast και εκπομπών.



Εικόνα 2.2 . Κυψελοειδής επικοινωνία και επικοινωνία D2D. Φαίνεται και το single-hop και το multi hop που σχηματίζονται από D2D communication. [29].

### **2.1.1 INFORMATION SHARING**

Μια επιπλέον πολύ σημαντική εφαρμογή που σχετίζεται με τις local data υπηρεσίες που αναλύθηκαν παραπάνω, είναι το information sharing. Οι χρήστες μπορούν να αξιοποιήσουν συνδέσμους D2D για τη μεταφορά αρχείων, όπως ήχων και βίντεο με υψηλότερα ποσοστά μετάδοσης δεδομένων και χαμηλότερη ενέργεια από αυτά στα κυψελοειδή δίκτυα. Το information sharing απο τις D2D επικοινωνίες οφελείται σε μεγάλο βαθμό μιας και οι ταχύτητες downlink και uplink βελτιστοποιούνται. Παράλληλα διευκολύνουν τις υπηρεσίες ροής όπως το Google Chromecast, κ.λπ. σχηματίζοντας ομαδοποίηση δεδομένων σε ένα σύμπλεγμα.. Ακόμη δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να για επαφή με τις πληροφορίες καθώς είναι σε άμεση επαφή με την συσκευή που τις εκμεταλεύεται. Βοηθούν έτσι σε άλλες υπηρεσίες εγγύτητας όπως η δημόσια ασφάλεια. Η ασφάλεια και η διαθεσιμότητα είναι δύο κρίσιμα ζητήματα στην επικοινωνία μεταξύ συσκευών (D2D). Με την ταχεία ανάπτυξή της σε δίκτυα 4ης γενιάς (4G) Long-Term Evolution Advanced (LTE-Advanced) δημιουργήθηκε ένα ασφαλές πρωτόκολλο κοινής χρήσης δεδομένων, το οποίο συγχωνεύει τα πλεονεκτήματα της κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού και της συμμετρικής κρυπτογράφησης, για την επίτευξη ασφάλειας δεδομένων στην επικοινωνία D2D. Συγκεκριμένα, μια ψηφιακή υπογραφή βασισμένη στο δημόσιο κλειδί, σε συνδυασμό με έναν μηχανισμό αμοιβαίου ελέγχου ταυτότητας ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας, εγγυάται τον έλεγχο ταυτότητας και την ακεραιότητα δεδομένων. Η τεχνολογία αυτή εγγυάται πρακτική λύση για έναν ασφαλή μηχανισμό ανταλλαγής δεδομένων στην επικοινωνία D2D

### **2.1.2 DATA AND COMPUTATION OFFLOADING**

Μια ακόμη εφαρμογή τοπικής υπηρεσίας είναι η εκφόρτωση της κυψελοειδούς κυκλοφορίας. Καθημερινά, ένας τεράστιος αριθμός δεδομένων υπολογίζεται πως δημιουργείται απο τους χρήστες κινητής τηλεπικοινωνίας. Τεράστιες ροές κίνησης δεδομένων δημιουργούντε μίας και η αποστολή πακέτων απο χρήστη σε χρήστη κατακλείζει το διαδύκτιο. Έτσι, ασκείται τεράστια πίεση στα βασικά δίκτυα και στους πόρους του φάσματος. Η D2D επικοινωνία υπολογίζεται πως μπορεί να βοηθήσει να

εξισοροποιηθεί το φορτίο αυτό. Οι χειριστές θα μπορούν να επικεντρωθούν στους βασικούς τους πόρους δικτύου και φάσματος εξοικονομώντας ενέργεια και αποφορτίζοντας το δίκτυο. Για παράδειγμα περιοχές hotspot θα μπορούσαν να εποφελειθούν στο έπακρο από αυτή την τεχνολογία. Με αυτόν τον τρόπο, η πίεση μετάδοσης στο uplink(UL) και στο downlink(DL) των κυψελοειδών δικτύων μπορεί να μειωθεί [7]. Μια συσκευή με καλή σύνδεση στο Διαδίκτυο μπορεί να λειτουργήσει ως hotspot στο οποίο τα δεδομένα φορτώνονται / αποθηκεύονται προσωρινά από το BS και από ποιες άλλες συσκευές μπορούν να κατεβάσουν δεδομένα χρησιμοποιώντας συνδέσμους D2D. Ο χρήστης μπορεί επίσης να έχει χαμηλή ισχύ επεξεργασίας ή χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση εκφορτώνοντας τον κοντινό κόμβο του δικτύου [8].

## **2.2 MACHINE TO MACHINE ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ**

Όπως έχουμε αναφέρει και νωρίτερα, η επικοινωνία M2M είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει το Internet of-Πράγματα (IoT). Αυτόνομη συνδεσιμότητα και επικοινωνία μεταξύ συσκευών είναι ο νούμερο ένα στόχος των ερευνητών. Υπάρχουν συσκευές με τεράστια υπολογιστική ισχύς και που χαρακτηρίζονται από σχετικά χαμηλό κόστος οι οποίες είναι πέρα για πέρα ικανές να εκμεταλλευτούν αυτή την δυνατότητα. Μια σύνδεση D2D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία επικοινωνίας M2M στο IoT και να παρέχει εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση ή ακόμη καλύτερα να τρέχει σε πραγματικό χρόνο(in real time). Μια ακόμη εφαρμογή είναι η επικοινωνία συσκευών προς όχημα (M2M) όπου οι σύνδεσμοι D2D μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ γειτονικών συσκευών αυτόμομα, γρήγορα και εκφορτώνοντας αποτελεσματικά την κυκλοφορία. Νωρίτερα είχε γίνει αναφορά για ITS(intelligent traffic system). Ένα όχημα που μπορεί να προειδοποιήσει τα κοντινά οχήματα σε λειτουργία D2D πριν αλλάξει λωρίδες ή επιβραδύνει. Αυτό το παράδειγμα επεκτείνει το M2M σε επικοινωνία μεταξύ οχημάτων V2V (vehicle to vehicle). Ακόμη περισσότερο μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για μεγαλύτερη ασφάλεια των οχημάτων σε υποδομές και επικοινωνία μεταξύ οχημάτων και πεζών. Η ανάπτυξη στις αγορές M2M και IoT αναπτύσσεται ραγδαία, και σύμφωνα με πολλές εκθέσεις, η ανάπτυξη θα συνεχιστεί. Πιστεύεται ότι οι συνδέσεις χαμηλής ισχύος και δικτύου ευρείας περιοχής (LPWAN) θα αυξηθούν από 11 εκατομμύρια το

2014 σε 5 δισεκατομμύρια το 2022. Εκτιμάται ότι η αγορά παγκόσμιων λύσεων IoT θα αυξηθεί το 2020. Πολλοί μεγάλοι φορείς κινητής τηλεφωνίας βλέπουν αυτό το δυναμικό και αναπτύσσουν τις δικές τους πλατφόρμες M2M και εργάζονται για να επωφεληθούν από αυτήν την σημαντική ανάπτυξη της βιομηχανίας. Ωστόσο, υπάρχει ακόμη μια μεγάλη ευκαιρία για τις εταιρείες τεχνολογίας να εμπλακούν σε πολύ αυτοματοποιημένες λύσεις για να βοηθήσουν στον εξορθολογισμό των διαδικασιών σε σχεδόν οποιοδήποτε τύπο βιομηχανίας [9].

### **2.3 ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

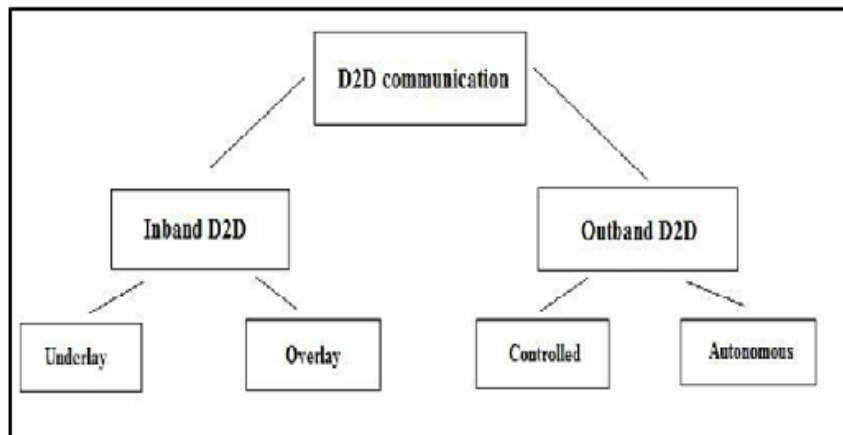
Το 5G D2D μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε άλλα πιθανά σενάρια, όπως η ενίσχυση πολλαπλών χρήσεων MIMO. Στο παραδοσιακό MIMO, οι σταθμοί βάσης(BS) καθορίζουν τη διαδικασία προ-κωδικοποίησης με χρήση των αντίστοιχων καναλιών και τερματικών για τη εξάλειψη των παρεμβολών μεταξύ των χρηστών. Μετά την εισαγωγή του D2D, οι χρήστες μπορούν να ανταλλάξουν απευθείας πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του καναλιού. Με αυτόν τον τρόπο, τα τερματικά μπορούν να παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες κατάστασης στο κοινό κανάλι μέσω σταθμών βάσης και μπορούν επίσης να βελτιώσουν την απόδοση του MIMO πολλαπλών χρηστών. Το D2D μπορεί επίσης να βοηθήσει στην επίλυση προβλημάτων της παραδοσιακής ασύρματης επικοινωνίας. Οι ακροδέκτες, αρκετές φορές, δεν μπορούν να λάβουν δορυφορικά σήματα όταν βρίσκονται σε εσωτερικό χώρο. Σε αυτήν την περίπτωση η παραδοσιακή δορυφορική σύνδεση δεν λειτουργεί. Ωστόσο, με την επικοινωνία D2D, λαμβάνοντας ορισμένες πληροφορίες θέσης μπορεί να καθοριστεί η θέση των τερματικών που θα τοποθετηθούν και να υποστηρίξουν τη λειτουργία της δορυφορικής σύνδεσης ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους σε δίκτυα 5G με χαμηλό κόστος.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

---

---

Όσον αφορά τη χρήση του φάσματος, η επικοινωνία D2D είναι κυρίως ταξινομημένη σε δύο τύπους. Είναι inband και outband. Στις τηλεπικοινωνίες, η inband (εντός ζώνης) επικοινωνία είναι η αποστολή πληροφοριών ελέγχου εντός της ίδιας ζώνης ή καναλιού που χρησιμοποιείται για δεδομένα όπως φωνή ή βίντεο. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την outband επικοινωνία (εκτός ζώνης) που αποστέλλεται μέσω διαφορετικού καναλιού ή ακόμα και μέσω ξεχωριστού δικτύου [10]. Στα κυτταροειδές δίκτυα επικοινωνίας η επικοινωνία D2D χρησιμοποιεί το ίδιο φάσμα στον φορέα κινητής τηλεφωνίας. Με βάση το φάσμα στο οποίο συμβαίνει η επικοινωνία D2D, μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες που ονομάζονται «Inband underlay mode» όταν στο D2D οι επικοινωνίες χρησιμοποιούν τους κυτταρικούς πόρους και το φάσμα και τη «λειτουργία επικάλυψης (Overlay) Inband» όταν διατίθενται κυψελοειδείς πόροι για τις δύο τελικές συσκευές D2D που επικοινωνούν άμεσα. Από την άλλη πλευρά, το κύριο κίνητρο της χρήσης Outband D2D επικοινωνιών είναι η ικανότητα εξάλειψης των παρεμβολών μεταξύ συνδέσμων D2D. Επιπλέον, στο Outband D2D οι επικοινωνίες αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις στον συντονισμό μεταξύ διαφορετικών ζωνών.



Εικόνα.3.1: Classification of D2D communication [30].

### **3.1 INBAND D2D COMMUNICATION**

Το κίνητρο για την επιλογή της inband επικοινωνίας είναι ο υψηλός έλεγχος του αδειοδοτημένου φάσματος [11]. Σε αυτό το είδος επικοινωνίας, το D2D μοιράζεται την χρήση κυψελοειδούς φάσματος μαζί με άλλους χρήστες κινητής τηλεφωνίας στο δίκτυο LTE – A. Η υποδομή δικτύου μπορεί να παρέχει ολικό ή μερικό έλεγχο επί των χρηστών D2D. Το δίκτυο είναι υπεύθυνο για την ανακάλυψη πιθανών συσκευών D2D και τη δημιουργία συνδέσμων με βάση πληροφορίες καναλιού. Παράλληλα, μπορεί να κατανέμει ιδανικά τους πόρους ραδιοφώνου είτε uplink είτε downlink χρήση, ενώ ταυτόχρονα, ελέγχει την ισχύς καθώς και τον συντονισμό παρεμβολών μεταξύ των κυψελοειδών και D2D χρηστών [12]. Οι επιπτώσεις της D2D επικοινωνίας στο αδειοδοτημένο φάσμα έχουν μελετηθεί και αναλυθεί και έχει υπολογιστεί ότι με την ανεκτικότητα της αύξησης των παρεμβολών σε φάσμα η επικοινωνία D2D μπορεί να είναι δυνατή [13]. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η επικοινωνία D2D εντός ζώνης (inband) διαιρείται περαιτέρω σε λειτουργία underlay (non-orthogonal) και overlay (orthogonal). Αυτό γίνεται με κύριο σκοπό να βελτιωθεί η απόδοση του φάσματος. Το D2D inband μπορεί να επαναχρησιμοποιήσει τους πόρους χρόνου και συχνότητας από χρήστες d2D (δηλαδή Underlay) ή να εκχωρήσει σε πόρους χρόνου και συχνότητας που καταλαμβάνουν οι χρήστες D2D (δηλαδή επικάλυψη) [14]. Κάτω από αυτό, οι επικοινωνίες Inband μπορούν να χωριστούν σε underlay και overlay κατηγορίες. Το πιο μειονέκτημα του Inband D2D είναι η παρεμβολή που προκαλούν οι χρήστες D2D στις κινητές επικοινωνίες. Αυτή η παρέμβολη μπορεί να μετριαστεί με την εισαγωγή πόρου υψηλής πολυπλοκότητας μεθόδους κατανομής, οι οποίες αυξάνουν την επιβάρυνση του δικτύου.

### **UNDERLAY INBAND**

Στις τηλεπικοινωνίες D2D και κινητής τηλεφωνίας, οι χρήστες χρησιμοποιούν τους ίδιους πόρους ραδιοφώνου ταυτόχρονα. Το δίκτυο με την σειρά του επαναχρησιμοποιεί είτε τους πόρους uplink είτε downlink για την πραγματοποίηση επικοινωνίας D2D βάση συγκεκριμένες μετρήσεις απόδοσης, όπως αμοιβαία απόσταση μεταξύ D2D και χρηστών. Αυτός ο τύπος υλοποίησης είναι επίσης γνωστός ως τρόπος επαναχρησιμοποίησης (μη - κατανομή πόρων ορθογώνια). Η λειτουργία

επαναχρησιμοποίησης μπορεί να επιτύχει υψηλότερη απόδοση φάσματος σε σύγκριση με την επικάλυψη. Ωστόσο, εισάγει σοβαρό πρόβλημα παρεμβολής μεταξύ του D2D και των κυψελοειδών χρηστών, καθώς και οι δύο χρήστες χρησιμοποιούν ταυτόχρονα τα ίδια μπλοκ φυσικού πόρου [15, 16]. Επομένως, πρέπει να αντιμετωπιστεί το ζήτημα αξιοπιστίας και των δύο επικοινωνιών.

## **OVERLAY INBAND**

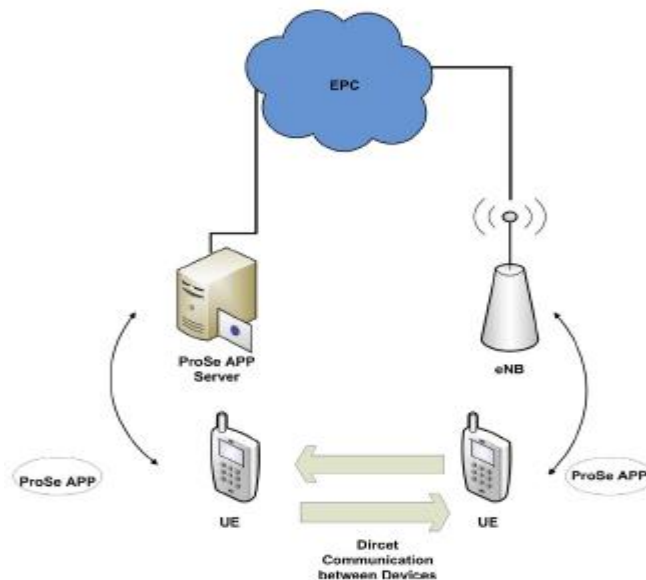
Σε αυτόν τον τύπο επικοινωνίας D2D διατίθενται σταθεροί πόροι για επικοινωνία D2D από το κυψελοειδές δίκτυο. Για αυτόν τον λόγο, η αμοιβαία παρεμβολή μεταξύ κυψελοειδών δικτύων και D2D χρηστών εξαλείφεται, δεδομένου ότι κάθε λειτουργία οπτικοποίησης καταλαμβάνει ένα ξεχωριστό και αποκλειστικό μπλοκ φυσικών πόρων για την ατομική τους επικοινωνία [17]. Ωστόσο, παραμένει η παρέμβαση μεταξύ των χρηστών D2D. Αυτό συμβαίνει κυρίως γιατί πολλαπλοί κόμβοι D2D μπορούν να επαναχρησιμοποιήσουν τα ίδια φάσματα για τις μεταδόσεις τους, οι οποίες επηρεάζουν τη συνολική απόδοση του δικτύου. Το overlay in-band έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα της υποχρησιμοποίησης των πόρων του ραδιοφώνου σε σύγκριση με τη λειτουργία underlay. Όταν δεν υπάρχει καμία σύνδεση D2D οι πόροι παραμένουν αδρανείς, και αυτό σημαίνει αναποτελεσματική χρήση του φάσματος [18]. Επομένως, το overlay D2D κερδίζει μεγαλύτερη δημοτικότητα σε σε καθημαϊκούς χώρους λόγω της υψηλότερης φασματικής απόδοσής του από την επικάλυψη.

## **3.2 OUTBAND D2D COMMUNICATION**

Η επικοινωνία outband D2D (εκτός ζώνης) εκμεταλλεύεται τη ζώνη συχνοτήτων ISM χωρίς άδεια για τις λειτουργίες της. Χρησιμοποιεί δηλαδή φάσμα χωρίς άδεια (ελεύθερη ζώνη ISM 2,4 GHz ή κύμα 38 GHz mm ζώνη) όπου δεν πραγματοποιείται κυτταρική επικοινωνία [19]. Σκοπός της τεχνολογίας αυτής είναι να βηθήσει στην εξάλειψη των παρεμβολών μεταξύ D2D και κυψελοειδών χρηστών αν και υπάρχουν παρεμβολές από άλλα ηλεκτρονικά συσκευές που λειτουργούν σε αυτήν τη ζώνη. Αυτό θυμίζει σε μεγάλο βαθμό τη λειτουργία των τεχνολογιών WLAN και



Bluetooth. Ο συντονισμός και η διαχείριση των συνδέσεων D2D μπορούν είτε να ελεγχθούν από το δίκτυο, είτε από τους ίδιους τους χρήστες D2D, να είναι δηλαδή ελεγχόμενη από το δίκτυο λειτουργία ή αυτόνομη αντίστοιχα. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι ότι εξαλείφεται το πρόβλημα παρεμβολών μεταξύ κυψελοειδών και D2D κόμβων. Επίσης, δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η συχνότητα, ο χρόνος και η τοποθεσία των χρηστών για την κατανομή πόρων. Οι χρήστες μπορούν να διατηρούν ταυτόχρονα κυψελοειδείς και D2D συνδέσεις χρησιμοποιώντας δύο ραδιοεπαφές. Ωστόσο, το κύριο μειονέκτημα είναι η ανεξέλεγκτη παρεμβολή μεταξύ του συστήματος λόγω της παρουσίας άλλων επικοινωνιακών οντοτήτων που λειτουργούν στην ίδια ζώνη χωρίς άδεια. Επιπλέον, η ασφάλεια της μετάδοσης D2D και ο συντονισμός της επικοινωνίας σε δύο διαφορετικές ζώνες δημιουργούν πρόβλημα διαχείρισης ισχύος [20]. Η επικοινωνία outband D2D (εκτός ζώνης) μπορεί να κατηγοριοποιηθεί είτε ως υποβοηθούμενη από το δίκτυο (ελεγχόμενη από το δίκτυο) είτε ως αυτόνομη επικοινωνία D2D. Στο πρώτο, η ραδιοεπαφή για επικοινωνία D2D ελέγχεται από το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας ενώ στο δεύτερο, το κυψελοειδές δίκτυο ελέγχει μόνο την κυψελοειδή επικοινωνία αφήνοντας τον έλεγχο της επικοινωνίας D2D στους χρήστες.



Εικόνα 3.2. Απλοποιημένο μοντέλο επικοινωνίας D2D [31].

Σήμερα, η επικοινωνία Outband D2D προσελκύει την προσοχή πολλών ερευνητών σε αυτήν την κατηγορία. Από την άλλη πλευρά, η Outband D2D υποφέρει από την ανεξέλεγκτη λειτουργία του μη αδειοδοτημένου φάσματος. Για εκμετάλλευση το μη αδειοδοτημένο φάσμα είναι απαραίτητο να έχουμε μια άλλη επιπλέον διεπαφή. Επομένως, ο συντονισμός μεταξύ δύο διαφορετικών ζωνών έχει πολλές προκλήσεις [21].

## **Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων τύπων επικοινωνιών D2D**

Σήμερα, οι επικοινωνίες Outband προσελκύουν όλο και περισσότερη προσοχή μιας και υπάρχει ραγδαία αύξηση και ζήτηση στην αγορά για νέα smartphone και νέες κινητές συσκευές. Επομένως, η συσκευή θα πρέπει να είναι σε θέση να εφαρμόσει Outband D2D επικοινωνία. Μερικοί ερευνητές από την άλλη, βλέπουν ως εναλλακτική λύση την κατηγορία επικοινωνίας D2D inband. Μια σύντομη ματιά των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των Inband D2D και Outband D2D γίνεται παρακάτω.

### **Πλεονεκτήματα του Inband D2D**

- Στο underlay D2D υπάρχει αυξημένο το φάσμα αποτελεσματικότητας του κυτταρικού φάσματος με ιδιαίτερη ποικιλομορφία.
- Η διαχείριση είναι εύκολη καθώς ελέγχεται εξ ολοκλήρου από δίκτυο.
- Η Inband D2D επικοινωνία προσφέρει την δυνατότητα χρήσης με οποιοδήποτε κινητό εξοπλισμό. Είναι δηλαδή συμβατή με σχεδόν όλες τις συσκευές.

### **Μειονεκτήματα του Inband D2D**

- Μειωμένος έλεγχος του επιπέδου παρέμβολης.
- Δεν υπάρχει δυνατότητα για D2D και κυψελοειδή μετάδοση την ίδια στιγμή.
- Υψηλή επιπλοκή των πόρων στη διαδικασία κατανομής και διαχείρισης του ελέγχου.

### **Πλεονεκτήματα του Outband D2D**

- Ευκολότερη και καλύτερη κατανομή πόρων.
- Προσφέρει τη δυνατότητα ταυτόχρονης εμφάνισης D2D και χρήσης κινητής τηλεφωνίας.
- Έχει το πλεονέκτημα πως δεν υπάρχει καμία παρεμβολή μεταξύ D2D και συνδρομητών κινητής τηλεφωνίας.

### **Μειονεκτήματα του Outband D2D**

- Δεν είναι αναγκαία η χρήση κυψελοειδών πόρων στο φάσμα D2D
- Είναι αναγκαία η αποκωδικοποίηση και κωδικοποίηση των πακέτων
- Η επικοινωνία D2D χρησιμοποιείται μόνο από Διεπαφές ραδιοεπικοινωνιών LTE και WiFi
- Υπάρχει μεγάλη ανάγκη για καλύτερη διαχείριση ισχύος

## **3.3 D2D COMMUNICATION ΣΕ LTE ΔΙΚΤΥΑ**

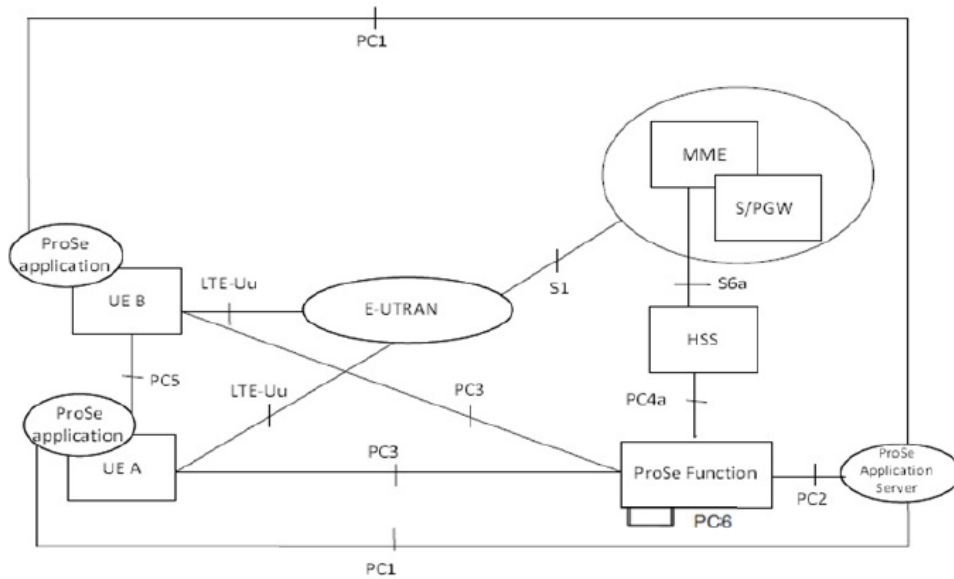
Το πρότυπο LTE-Advanced καθορίζει την λειτουργία των υπηρεσιών που βασίζονται σε εγγύτητα (ProSe) δηλαδή επιτρέπει σε συσκευές που βρίσκονται κοντά να επικοινωνήσουν μέσω απευθείας συνδέσμων. Η επικοινωνία D2D ορίζονται ως υποστήριξη για το ProSe. Είναι επίσης γνωστό πως υποστηρίζει άμεση επικοινωνία μεταξύ UE(user equipment) και χρήσης αδειοδοτημένου φάσματος στο LTE. Υπάρχουν τρία δυνατά σενάρια για την D2D επικοινωνία. Πρώτον, όλα τα UE που εμπλέκονται στο D2D επικοινωνούν κάτω από την κάλυψη του δικτύου, δεύτερον, μόνο μερικά από τα UE στην επικοινωνία D2D καλύπτονται από δίκτυο, και τρίτον κανένα από τα UE δεν βρίσκεται εντός κάλυψη δικτύου. Ένα απλοποιημένο μοντέλο για επικοινωνία D2D μπορεί να χρησιμοποιήσει την αρχιτεκτονική ProSe. Το BS(base station) να είναι συνδεδεμένο στο Evolved Packet Core (EPC) και να μπορεί να επικοινωνήσει με ένα UE χρησιμοποιώντας απευθείας κυψελοειδή επικοινωνία. Καθε

χρήστης και κάθε συσκευή μπορεί να επικοινωνήσει μέσω απευθείας συνδέσμων D2D. Ο κόμβος μεταξύ δύο UE ονομάζεται sidelink το οποίο μπορεί να λειτουργήσει με διπλή διαίρεση συχνότητας. Οι χρήστες UE μπορούν να συγχρονίζονται με το δίκτυο ή άλλα UE. Όταν ένα UE θέλει να επικοινωνήσει με το αντίστοιχο UE, το ProSe ζητά από τον server αδειά λειτουργίας. Εναλλακτικά, ένα UE μπορεί να αποκτήσει αυτή τη άδειά από τη συνάρτηση εγγύτητας στο δίκτυο. Έπειτα το UE ξεκινά τη διαδικασία επικοινωνίας με τον στόχο, και έτσι οι χρήστες μπορούν να επικοινωνούν απευθείας. Η προηγμένη τεχνολογία LTE ήταν η πρώτη πλατφόρμα που εφάρμοσε επικοινωνίες D2D τον Ιούνιο του 2012 [22]. Ακεραιότητα και υψηλά πρότυπα επικοινωνιών D2D στην υπηρεσία LTE Proximity (ProSe) τέθηκαν ως πρωταρχικοί στόχοι. Η λειτουργικότητα D2D / ProSe ενσωματώθηκε στην πρώτη έκδοση στο LTE. Το ProSe χωρίζεται σε δύο μέρη, που ονομάζονται D2D discovery και D2D επικοινωνία. Με την ανακάλυψη εγγύτητας οι χρήστες μπορούν να ανακαλύψουν άλλους χρήστες που βρίσκονται σε εγγύτητα. Δηλαδή μπορούν να αναγνωρίσουν ένα UE σε κοντινή απόσταση και να συνδεθούν [23]. Η επικοινωνία D2D μπορεί δηλαδή να είναι άμεση μεταξύ των UE και μπορεί επίσης να δημιουργηθεί χωρίς τη χρήση εγγύτητας. Μπορεί να ενσωματώνεται σε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και να υποστηρίζεται από το δίκτυο.

Για το ProSe απαραίτητες είναι οι ακόλουθες λειτουργίες:

- Ανακάλυψη ProSe σε επίπεδο EPC
- Μοντέλα που υποστηρίζουν την ανακάλυψη ProSe.
- δημιουργία και εξασφάλιση τρόπων άμεσης επικοινωνίας ProSe.
- UE-to-Network ή UE-to-UE μετάδοση

Αναγκαίες μοιάζουν αρχιτεκτονικές βελτιώσεις για το κεντρικό δίκτυο EPC για καλύτερη ενσωμάτωση D2D σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας LTE-A.



International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 8, No. 1, February 2016

Εικόνα 3.3 : αρχιτεκτονική συστήματος D2D στο LTE-A [30].

Αποτελείται από έναν αριθμό οντότητων που απαιτούνται για επικοινωνία D2D. Αυτές οι οντότητες είναι οι εξής:

**ProSe App Server:** Παρέχει τη δυνατότητα ProSe για την οικοδόμηση της λειτουργικότητας της εφαρμογής και είναι υπεύθυνο να καθορίσει εάν η εγγραφή UE μπορεί να γίνει αποδεκτή ή όχι και να ενεργοποιηθεί [24].

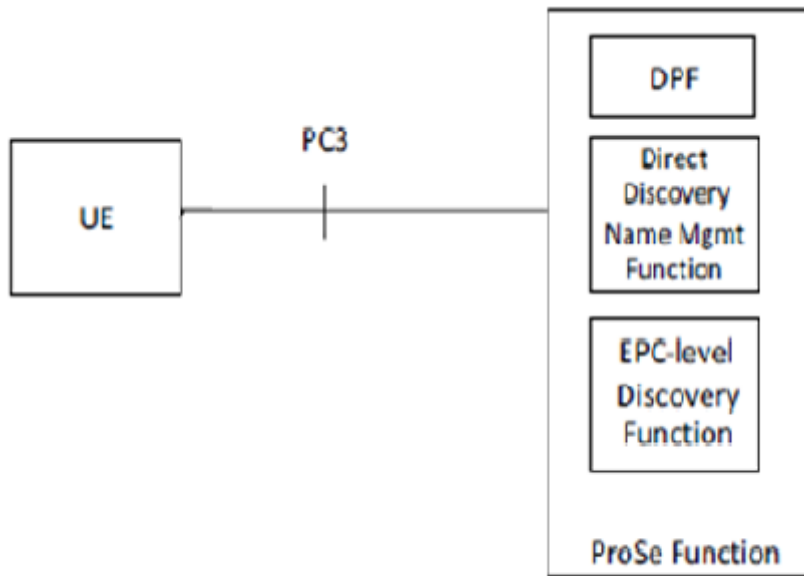
**ProSe UE App:** Αυτή η οντότητα είναι υπεύθυνη για τη λειτουργικότητας της εφαρμογής. Το ProSe Η εφαρμογή UE επικοινωνεί και ανακαλύπτει άλλα UE και χρησιμοποιείται από υπηρεσίες όπως η εύρεση χρηστών σε κοντινή απόσταση.

Η **λειτουργία ProSe** είναι υπεύθυνη για την παροχή υπηρεσιών δικτύου, όπως εξουσιοδότηση, έλεγχος ταυτότητας και δεδομένα μέσω του EPC.

Οι κύριοι ρόλοι λειτουργίας του ProSe παρουσιάζονται αρκετά συνοπτικά ως εξής:

- Λειτουργία άμεσης παροχής στο UE με τις απαραίτητες παραμέτρους προκειμένου να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες του ProSe. (με τη χρήση Direct Provisioning Function - DPF) Παρέχει επίσης άμεση επικοινωνία και δημόσια ασφάλεια στο UE.
- Άμεση διαχείριση ανακάλυψης αναγνωριστικών εφαρμογών ProSe. Παρέχει επίσης στο UE το απαραίτητο υλικό ασφαλείας για την προστασία μηνυμάτων ανακάλυψης.

- Παρέχει άμεση ανακάλυψη EPC



International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 8, No. 1, February 2016

Εικόνα 3.4 : Οι κύριοι ρόλοι λειτουργίας του ProSe [30] .

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ

---

---

## 4.1 ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Στα παραδοσιακά κυψελοειδές δίκτυα, οι UE(user equipment) συγχρονίζονται χρησιμοποιώντας περιοδικές εκπομπές από κάποιο BS (base station) . Στην επικοινωνία D2D οι συσκευές μπορούν επίσης να συγχρονιστούν με το ίδιο τρόπο με την βασική προϋπόθεση να ανήκουν στο ίδιο BS. Τί γίνεται όμως στην περίπτωση που δεν ανήκουν στο ίδιο BS; Το ερώτημα παραμένει επίσης όταν τα BS δεν είναι συγχρονισμένα ή όταν ορισμένα και ακόμη χειρότερα όλα τα UE δεν βρίσκονται συνδεδεμένα στο δίκτυο είναι δηλαδή εκτός κάλυψης δικτύου [25]. Στις D2D επικοινωνίες ο συγχρονισμός μεταξύ των UE είναι απαραίτητος. Το κυριότερο όφελος του είναι πως επιτρέπει σε κάποιο UE να είναι συνδεδεμένο στη σωστή συχνότητα. Του επιτρέπει την ανακάλυψη και την επικοινωνία με κάποιο άλλο UE και έτσι συμβάλει σε επικοινωνία με χαμηλότερη ενεργιακή σπατάλη και ως αποτέλεσμα πιο αποδοτική. Ένας τοπικός συγχρονισμός μεταξύ των γειτονικών συσκευών είναι αρκετός. Παρόλα αυτά ένας καθολικός συγχρονισμός συσκευών θα ήταν παραπάνω απο χρήσιμος χωρίς όμως να είναι και αναγκαίος. Επιπλέον, η επικοινωνία D2D συνήθως απαιτεί πιο ακριβή συγχρονισμό και επιτρέπει επίσης τη χρήση πιο σύνθετων τεχνικών για τον υπολογισμό της ισχύς.

## 4.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ

Στην inband επικοινωνία, οι κυψελοειδείς και D2D κόμβοι ενδέχεται να παρεμβαίνουν μεταξύ τους. Βασικό πρόβλημα παρουσιάζεται στον τρόπο με τον οποίο καθορίζουν και μοιράζονται τις συχνότητες μεταξύ τους. Στην outband επικοινωνία, υπάρχει το πρόβλημα των παρεμβολών. Οι συνδέσεις D2D υφίστανται παρεμβολές.

Παρεμβολές μπορούν να συμβούν μεταξύ τους είτε και από άλλες συσκευές που λειτουργούν στο ίδια μπάντα [26]. Παρ'όλα αυτά, υπάρχει λύση. Η παρεμβολή μπορεί να μειωθεί όταν τα UE λειτουργούν και μεταδίδουν σε χαμηλότερα επίπεδα ισχύος. Επομένως, η διαχείριση πόρων είναι ένα πρόβλημα που απαιτεί βελτιστοποίηση. Μπορεί όμως να προσπεραστεί αν επικεντρωθούμε στις παρεμβολές. Ο έλεγχος ισχύος, εκτός από τον περιορισμό των παρεμβολών, οδηγεί σε ενεργειακά αποδοτικότερη λειτουργία που είναι ένας από τους θεμελιώδεις στόχους των ασύρματων δικτύων επόμενης γενιάς όπως το δίκτυο 5G. Ο καλύτερος προγραμματισμός των μεταδόσεων συνεισφέρει επίσης στην ελαχιστοποίηση των παρεμβολών. Κατάλληλη διαμόρφωση και κωδικοποίηση μπορούμε να επιτύχουμε επιλέγοντας προσαρμοσμένα κανάλια και τον κατάλληλο συνδυασμό αυτόματου αιτήματος επανάληψης και προώθησης διόρθωση σφάλματος. Έτσι, επιτυγχάνεται αύξηση της ευρωστίας των μεταδιδόμενων σημάτων και κατά συνέπεια μείωση του θορύβου. Τέλος, η ελαχιστοποίηση των παρεμβολών συνδέεται στενά και συχνά με αυτά τα προβλήματα. Όμως η κατάλληλη διαχείριση αποτελεί την λύση στο κάθε πρόβλημα.

### 4.3 ΚΟΣΤΟΣ

Αποτελεί ένα από τα πιο πιεστικά ζητήματα για τα κυψελοειδή δίκτυα και την διαχείρισή τους. Το πρόβλημα είναι πώς να υπάρχει έλεγχος της άμεσης σχέση μεταξύ των συσκευές και τον τρόπο χρέωσης των χρηστών. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα τιμολόγησης. Για παράδειγμα, οι χειριστές μπορούν να παρέχουν χρεώσεις στις υπηρεσίες όπως η ασφάλεια κατά την επικοινωνία D2D . Άλλο οικονομικό μοντέλο έχει να κάνει με τα δεδομένα των χρηστών. Στις επικοινωνίες D2D οι χειριστές μπορούν να αγοράσουν ή να πουλήσουν στοιχεία δεδομένων που έχουν λειφθεί απο τους χρήστες κινητής τηλεφωνίας. Οι χρήστες απο την άλλη πλευρά μπορούν να πουλήσουν το εύρος ζώνης τους προκειμένου να υπάρχει καλύτερη διαχείριση του δικτύου D2D. Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα να δημοπρατήσουν τους κυτταρικούς τους πόρους σε άλλους χρήστες κινητής τηλεφωνίας που περιμένουν και οι ίδιοι επιλέγουν για D2D επικοινωνία.



## 4.4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Ισχυρότερη ανωνυμία και απόρρητα δεδομένα μοιάζουν δύο τεράστια οφέλοι της εικοινωνίας D2D σε σύγκριση με τη συμβατική κυτταρική επικοινωνία. Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή είναι ευάλωτη σε διάφορες κοινές επιθέσεις όπως υποκλοπή, πλαστογράφιση IP και κακόβουλο λογισμικό αφού τα δεδομένα δεν αποθηκεύονται σε κάποιο κεντρικό κόμβο. Βασική προϋπόθεση είναι επίσης να προστατεύεται το απόρρητό των χρηστών. Η έλλειψη κάποιου κεντρικού σταθμού αρχή καθιστά δύσκολη την εφαρμογή μέτρων ασφάλειας και απορρήτου. Δεν μπορεί κανείς να γνωρίζει με ακρίβεια αν η απειλή είναι τοπιή ή αν θα επεκταθεί σε ολόκληρο το δίκτυο. Ούτε πως θα γίνει η επίθεση δηλαδή αν θα γίνει κατά τη μεταφορά ή κατά την αποθήκευση και τροποποίηση των δεδομένων [27].

## 4.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΟΡΩΝ

Η κατανομή των πόρων του ραδιοφώνου για τη δημιουργία απευθείας συνδέσεων μεταξύ ζευγών D2D σε δίκτυο κινητής τηλεφωνίας είναι απαραίτητη. Στην τεχνολογία επικάλυψης το φάσμα uplink χωρίζεται σε δύο ορθογώνια τμήματα. Το κλάσμα στην επικοινωνία D2D ανατίθεται σε  $1 - n$  κυψελοειδή τμήματα. Επίσης, το φάσμα χωρίζεται σε ζώνες  $B$  και οι D2D χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση ανεξάρτητα από αυτούς. Οι βέλτιστες τιμές  $n$  και  $B$  υπολογίζονται υποθέτοντας ότι οι UE κατανέμονται τυχαία. Η επιλογή τρόπου βασίζεται στην απόσταση UE από τον δέκτη. Τα σχέδια κατανομής πόρων μπορούν να σχεδιαστούν αλλάζοντας το στόχους βελτιστοποίησης και κάνοντας προσθήκη διαφόρων περιορισμών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

---

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρουσιάστηκε μια σύντομη επισκόπηση της επικοινωνίας D2D όσον αφορά τις περιπτώσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, την αρχιτεκτονική και τις βασικές τεχνικές προκλήσεις που χρειάζεται να βελτιστοποιηθούν για την εφαρμογή της. Η επικοινωνία D2D μπορεί να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στην πραγματοποίηση του ασύρματου δικτύου 5G. Πρακτικά, η επικοινωνία D2D έχει ήδη αρχίσει να φθάνει. Οι επικοινωνίες μεταξύ συσκευών (D2D) βρίσκονται σε εξέλιξη και θεωρούνται ως νέο πρότυπο που θα εφαρμοστεί το τις επόμενες γενιές δικτύων κινητής τηλεφωνίας για την παροχή υψηλής απόδοσης στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Με ορισμένες απλές τεχνικές μπορούμε να πετύχουμε βελτίωση στην κάλυψη καθώς και μεγαλύτερη φασματική απόδοση. Τεράστια σημασία έχει επίσης ο υψηλός ρυθμός δεδομένων και η νέα peer-to-peer υπηρεσία. Προυσιάστηκαν επίσης οι διάφορες κατηγορίες επικοινωνίας D2D που ονομάζονται Inband και Outband καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Ακόμη, αναλύθηκε πώς μπορεί να εφαρμοστεί η επικοινωνία D2D στο δίκτυο LTE-A βασισμένο στην ήδη υπάρχουσα αρχιτεκτονική. Τέλος αναφέρθηκαν ορισμένες προκλήσεις για την ενσωμάτωση της επικοινωνίας D2D στο LTE-A δίκτυο που πρέπει να ξεπεραστούν.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

---

**Βιβλία:** ΓΕΩΡΓΙΟΣ Β. ΞΥΛΩΜΕΝΟΣ, ΓΕΩΡΓΙΟΣ Κ. ΠΟΛΥΖΟΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕ, 978-960-461-262-8, Ιανουάριος 2009

## **URLs/ Αναφορές:**

1. Guowang Miao, Jens Zander, Ki Won Sung, and Ben Slimane, Fundamentals of Mobile Data Networks, Cambridge University Press, ISBN 1107143217, 2016
2. Asadi, Arash; Wang, Qing; Mancuso, Vincenzo (24 April 2014). "A Survey on Device-to-Device Communication in Cellular Networks". IEEE Communications Surveys & Tutorials. 16 (4): 1801–1819. arXiv:1310.0720. doi:10.1109/COMST.2014.2319555
3. Zhang, Yanru; Pan, Erte; Song, Lingyang; Saad, Walid; Dawy, Zaher; Han, Zhu (2015). "Social Network Aware Device-to-Device Communication in Wireless Networks". IEEE Transactions on Wireless Communications. 14 (1): 177–190. doi:10.1109/TWC.2014.2334661
4. Doppler, K.; Rinne, M.P.; Janis, P.; Ribeiro, C.; Hugl, K "Device-to-Device Communications; Functional Prospects for LTE-Advanced Networks" ICC Workshops 2009.].
5. Jedari, Behrouz; Xia, Feng; Ning, Zhaolong (2018). "A Survey on Human-Centric Communications in Non-Cooperative Wireless Relay Networks". IEEE Communications Surveys & Tutorials. 20 (2): 914–944. doi:10.1109/COMST.2018.2791428
6. "TELCOMA GLOBAL | D2D: Device to device communications". telcomaglobal.com. Retrieved 2018-09-13

7. [https://www.zte.com.cn/global/about/magazine/zte-technologies/2015/3/en\\_684/433771.html](https://www.zte.com.cn/global/about/magazine/zte-technologies/2015/3/en_684/433771.html)
8. A. Aijaz, H. Aghvami, M. Amani, A survey on mobile data offloading: technical and business perspectives, *IEEE Wirel. Commun.* 20 (2) (2013)
9. <http://www.link-labs.com/what-is-m2m/>
10. [https://en.wikipedia.org/wiki/In-band\\_signaling](https://en.wikipedia.org/wiki/In-band_signaling)
11. Arash Asadi ,Qing Wang, , and Vincenzo Mancuso,” A Survey on Device-to-Device Communication in Cellular Networks” arXiv:1310.0720v6 [cs.GT] 29 Apr 2014.] [Xuemin Shen “Device-to-Device Communication in 5G Cellular Networks” *IEEE Network* March/April 2015 3
12. P. Mach, Z. Becvar and T. Vanek, “In-band device-to-device communication in OFDMA cellular networks: A survey and challenges,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 1885-1922, 2015]
13. Doppler, K.; Rinne, M.P.; Janis, P.; Ribeiro, C.; Hugl, K “Device-to-Device Communications; Functional Prospects for LTE-Advanced Networks” *ICC Workshops 2009*
14. Chithra B Das “A Study on Device To Device Communication in Wireless Mobile Network” *International Journal of Modern Communication Technologies & Research (IJMCTR)* ISSN: 2321-0850, Volume-3, Issue-3, March 2015
15. D. Zhu, J. Wang, A. Swindlehurst and C. Zhao, “Downlink resource reuse for device-to-device communications underlying cellular networks,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 21, no. 5, pp. 531-534, 2014
16. X. Zhang, Q. Cui, J. Bai and X. Tao, “Intra-cell and inter-cell interference-constrained D2D communication underlying cellular networks,” *Electronics Letters*, vol. 51, no. 14, pp. 1117-1119, 2015
17. C. Byungjin, K. Koufos and R. Jantti, “Spectrum allocation and mode selection for overlay D2D using carrier sensing threshold,” in *Proc. International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM)*, pp. 26-31, 2014.

18. X. Lin, J. Andrews, A. Ghosh and R. Ratasuk, "An overview of 3GPP device-to-device proximity services," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 4, pp. 40-48, 2014
19. P. Bao, G. Yu and R. Yin, "Novel frequency reusing scheme for interference mitigation in D2D uplink underlaying networks," in *Proc. International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, 201
20. A. Asadi, W. Qing and V. Mancuso, "A survey on device-to-device communication in cellular networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 16, no. 4, pp. 1801-1819, 2014
21. Bin Guo, Shaohui Sun, Qiubin Gao "Interference Management for D2D Communications Underlying Cellular Networks at Cell Edge" *ICWMC 2014*
22. S. Mumtaz and J. Rodriguez (eds.), *Smart Device to Smart Device Communication*, DOI:10.1007/978-3-319-04963-2\_1, Springer International Publishing Switzerland 2014
23. 3GPP TR 22.803 v12.1.0, "Feasibility study for proximity services (ProSe)" 2013
24. 3GPP TS 23.303 version 12.2.0 Release 12, Proximity-based services (ProSe); Stage.2. ETSI TS 123303 V12.2.0. 2014-09.
25. N. Abedini, S. Tavildar, J. Li, T. Richardson, Distributed synchronization for device-to-device communications in an lte network, *IEEE Trans. Wireless Commun.* 15 (2) (2016) 1547–1561
26. M. Noura, R. Nordin, A survey on interference management for device-to-device (d2d) communication and its challenges in 5G networks, *J. Netw. Comput. Appl.* 71 (2016) 130–150
27. P.Gandotra,,R.K.Jha,S.Jain, A survey on device-to-device(d2d) communication: Architecture and security issues, *J. Netw. Comput. Appl.* 78 (2017)

**Εικόνες :**

28. <https://www.ericsson.com>
29. [https://www.researchgate.net/figure/Cellular-communication-and-D2D-communication-Both-single-hop-and-multi-hop-including\\_fig1\\_320364994](https://www.researchgate.net/figure/Cellular-communication-and-D2D-communication-Both-single-hop-and-multi-hop-including_fig1_320364994)
30. [https://www.researchgate.net/publication/297726970\\_Device-To-Device\\_D2D\\_Communication\\_Under\\_LTE-Advanced\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/297726970_Device-To-Device_D2D_Communication_Under_LTE-Advanced_Networks)
31. [https://www.researchgate.net/figure/Simplified-model-for-D2D-communication-based-on-ProSe-architecture-in-3GPP-Rel-12\\_fig2\\_320364994](https://www.researchgate.net/figure/Simplified-model-for-D2D-communication-based-on-ProSe-architecture-in-3GPP-Rel-12_fig2_320364994)