

ΤΙΤΛΟΣ: ΔΙΚΤΥΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΕ ΝΑΝΟΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΙ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΔΠΜΣ Πληροφορικά Συστήματα
Systems
Δίκτυα Υπολογιστών
Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης**

**University of Macedonia
Master Information**

**Computer Networks
Professor: A.A. Economides**



ΔΙΚΤΥΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΕ ΝΑΝΟΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΙ ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

**Σαμάνης Εμμανουήλ
Θεσσαλονίκη, Νοέμβριος 2012**

Περιεχόμενα

Περίληψη

1. Εισαγωγή στην νανοτεχνολογία
 - 1.1 Νανοτεχνολογία – Νανοκλίμακα – Νανοδομές (Ορισμοί)
 - 1.2 Μόριο - Μοριακό επίπεδο Μοριακή Νανοτεχνολογία
2. Δικτύωση και επικοινωνία στη νανοκλίμακα
 - 2.1.1 Τι είναι ένα νανοδίκτυο
 - 2.1.2 Επικοινωνία σε νανοκλίμακα
 - 2.1.3 Επικοινωνία σε φάσμα συχνοτήτων Terahertz
 - 2.1.4 Μοριακή επικοινωνία
 - 2.1.5 Πρωτόκολλα επικοινωνίας στη νανοκλίμακα
 - 2.1.6 Τα υπέρ και κατά των νανοδικτύων
3. Περισσότερα για την μοριακή επικοινωνία
 - 3.1 Ανάλυση ενός μοριακού συστήματος επικοινωνίας μικρής απόστασης
 - 3.2 Περιγραφή μοριακού πρωτοκόλλου επικοινωνίας
 - 3.3 Ανάλυση ενός μοριακού συστήματος επικοινωνίας μεγάλης απόστασης
4. Εφαρμογές για νανοδίκτυα – Ηλεκτρομαγνητική επικοινωνία
 - 4.1 The internet of nanothings (το διαδίκτυο των νανοπραγμάτων)
5. Η τρέχουσα επιστημονική πρόοδο και εξέλιξη της νανοτεχνολογίας
6. Συμπεράσματα-Προτάσεις

Περίληψη

Η πρώτη ενότητα είναι μια εισαγωγή στον χώρο της νανοτεχνολογίας. Εδώ θα γίνει μια πρώτη επεξήγηση για το τι είναι νανοτεχνολογία και νανοκλίμακα, όπως επίσης και τι εννοούμε με τον όρο νανομηχανές. Επίσης θα εξηγηθεί τι σημαίνει μοριακό επίπεδο και θα δοθεί ορισμός του τι είναι η επικοινωνία μηχανών σε μοριακό επίπεδο.

Στην αρχή του δευτέρου κεφαλαίου δίνεται έμφαση στο το τι θεωρείται νανοδίκτυο. Στην συνέχεια αναλύεται περισσότερο το πως γίνεται η επικοινωνία στην νανοκλίμακα. Πρώτα η επικοινωνία ανόργανων νανουλικών και έπειτα η μοριακή επικοινωνία. Επίσης αναφέρονται και τα πρωτόκολλα για το κάθε είδος επικοινωνίας. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου τα υπέρ και τα κατά της νανοδικτύωσης.

Το επόμενο κεφάλαιο διαπραγματεύεται σε μεγαλύτερο βάθος ότι αφορά την μοριακή επικοινωνία, με μια καλύτερη ανάλυση των πρωτοκόλλων, για επικοινωνία σε μικρές και μεγάλες αποστάσεις. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται εφαρμογές νανοδικτύωσης και αναπτύσσεται περισσότερο ο τρόπος δικτύωσης ανόργανων νανοσυσκευών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται λόγος για το τι συμβαίνει τώρα με την πρόοδο της νανοτεχνολογίας. Κλείνοντας παρατίθενται τα συμπεράσματα αυτής της βιβλιογραφικής μελέτης όπως και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Abstract

An introduction in the nanotechnology sector is done in the first chapter. Especially an explanation of terms nanotechnology and nanoscale is done as well as the meaning of nanomachines is explained too. Additionally details will be given about molecular level and a definition of what is machine communication in the molecular level.

In the beginning of the second chapter emphasis is given on what is nanonetwork. Afterwards, it is further analyzed how the communication is done in the nanoscale sector. Firstly the communication of inorganic nanomaterials is done and then the communication in the molecular level. Also, the protocols for every kind of communication are mentioned. In the end of this chapter, the advantages and disadvantages of nanonetwork are given.

In the next chapter, the term of molecular communication is deeply analyzed, and a better analysis of the protocols about the communication in short and long distances. In the fourth chapter nano-network applications are presented and the kind of inorganic nanodevices networking is further developed.

The fifth chapter deals with the advance of nanotechnology. Finally, the conclusions of this bibliographic study and proposals for future research are given.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή στην νανοτεχνολογία

1.1 Νανοτεχνολογία - Νανοκλίμακα – Νανοδομές (ορισμοί)

"Νανο είναι ένα ελληνικό πρόθεμα που σημαίνει ένα «δισεκατομμυριοστό» (ένα δισεκατομμυριοστό ενός μέτρου είναι η μονάδα μέτρησης στον τομέα της νανοτεχνολογίας). Ένα άτομο είναι μικρότερο ενός νανομέτρου, αλλά ένα μόριο μπορεί να είναι μεγαλύτερο αυτού του μεγέθους. Μια διάσταση 100 νανομέτρων είναι σημαντική στην νανοτεχνολογία, επειδή κάτω από αυτό το όριο μπορεί κανείς να παρατηρήσει νέες ιδιότητες του ζητήματος, πρωτίστως οφειλόμενες στους νόμους της κβαντικής φυσικής." (Nano Research Group Hellas, 2006)

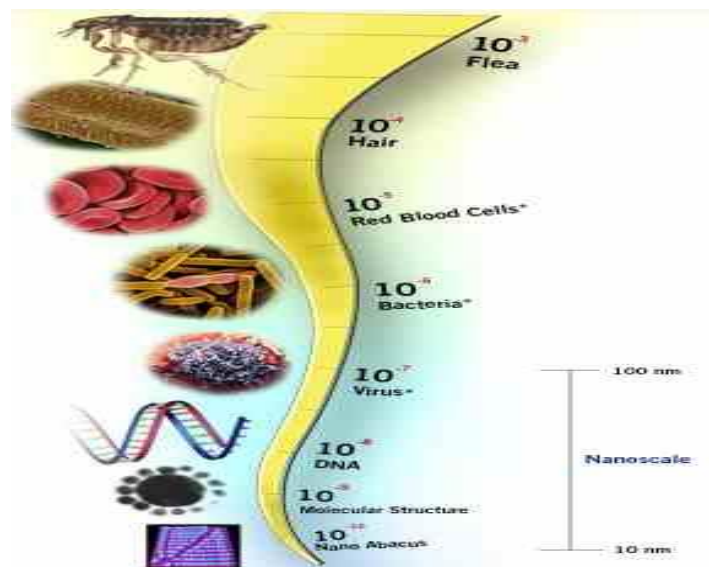
"Η νανοκλίμακα (nanoscale) αφορά το μοριακό και μακρομοριακό επίπεδο, ορίζεται από 1 σε 100 νμ, ενώ η κλίμακα από 100 σε 1000 νμ ονομάζεται υπομικρομετρική κλίμακα." (Nano Research Group Hellas, 2006)

Στην νανοκλίμακα, τα διάφορα υλικά που χειρίζεται η νανοτεχνολογία αποκτούν νέες ιδιότητες που οφείλονται στο μέγεθός τους στο σχήμα ή στην σύνθεσή τους. Ο σκοπός της νανοτεχνολογίας είναι να παράξει δομές αντικειμένων που θα κυμαίνονται από 1-100 nm. Τα νέα υλικά που παράγει η τεχνολογία αυτή διακατέχονται από καινούριες ιδιότητες, όπως ηλεκτρικές, οπτικές, φυσικές και χημικές. Το εντυπωσιακό σε αυτήν την τεχνολογία είναι ότι τα καινούρια υλικά που δομήθηκαν, έχουν διαφορετικές ιδιότητες από τα ίδια τα υλικά σε συμβατική κλίμακα, αυτό οφείλεται στις νανοδομές από τις οποίες προήλθαν. "Η αρχή της νανοτεχνολογίας είναι απλή: αντί να σμικρύνεται η ύλη μέχρις ότου επιτευχθεί η μικρότερη μονάδα, η τελευταία αυτή αποσπάται από την ύλη." (Κονοφάος, 2011)



Εικόνα 1.1. Σύγκριση κλιμάκων. (Κονοφάος, 2011)

Στην νανοτεχνολογία τα αντικείμενα έχουν τουλάχιστον μία διάσταση που ανήκει στην κλίμακα από 1-999 nm. (Northwestern University, 2005)



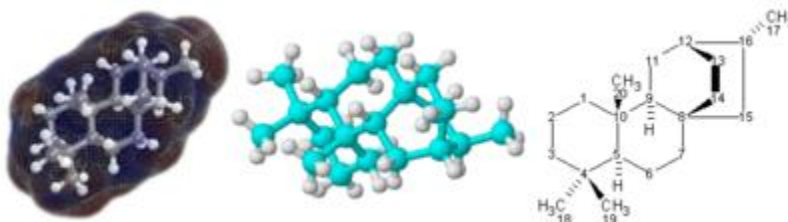
Εικόνα 1.2. Κατανόηση νανοκλίμακας (Northwestern University, 2005)

Η νανοτεχνολογία όμως είναι ένας γενικός όρος, χωρίζεται όμως σε πιο ειδικά θέματα όπως η νανοηλεκτρονική τα νανουλικά όπως και άλλα. (Βικιπαίδεια, 2012)

Αυτή η εργασία θα διαπραγματευτεί θέματα της νανοτεχνολογίας γενικά, όπως η δικτύωση νανosuσκευών, το πως γίνεται η επικοινωνία σε επίπεδα 1- 100 nm και τι οργανολογία χρησιμοποιείται συνήθως.

1.2 Μόριο - Μοριακό επίπεδο – Μοριακή Νανοτεχνολογία

Το μόριο όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, είναι πχ. μια ομάδα ατόμων που συνδεεται χημικά.



Εικόνα 1.3. Τρισδιάστατη και δισδιάστατη απεικόνιση χημικών δεσμών μορίου. (Wikipedia, 2012)

Τέτοιες μονάδες χρησιμοποιεί η νανοτεχνολογία και έχουν μέγεθος από μερικά νανόμετρα έως κάποια μακροσκοπικά μεγέθη. Αυτές οι διαστάσεις είναι σημαντικές για την νανοτεχνολογία γιατί τα υλικά εκεί έχουν νέες ιδιότητες λόγω της κβαντικής φυσικής. Η νανοτεχνολογία χωρίζεται σε δύο μορφές:

1) “Από πάνω προς τα κάτω: Από την κορυφή (μεγαλύτερο) στη βάση (μικρότερο). Μηχανισμοί και υποδομές σμικρύνονται σε μια νανομετρική κλίμακα. Αυτή υπήρξε η πιο συχνή εφαρμογή της νανοτεχνολογίας μέχρι τώρα, ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτρονικής όπου επικρατεί η σμίκρυνση.” (Nano Research Group Hellas, 2006)

2) “Από κάτω προς τα πάνω: Από κάτω (μικρότερο) προς την κορυφή (μεγαλύτερο). Ξεκινάμε με μια νανομετρική υποδομή όπως ένα μόριο και μέσω μιας διαδικασίας σύναξης ή αυτο-σύναξης, δημιουργούμε έναν μεγαλύτερο μηχανισμό από αυτόν με τον οποίο ξεκινήσαμε. Αυτή η προσέγγιση, την οποία μερικοί θεωρούν ως τη μόνη και την «αληθινή» νανοτεχνολογία, θα έπρεπε να επιτρέπει έναν ιδιαίτερα ακριβή έλεγχο του ζητήματος. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να γίνουμε ικανοί να απελευθερωθούμε από τα όρια της σμίκρυνσης, ιδιαίτερα στον τομέα της ηλεκτρονικής.” (Nano Research Group Hellas, 2006)

Η από κάτω προς τα πάνω νανοτεχνολογία αναφέρεται και ως μοριακή νανοτεχνολογία. Η μοριακή νανοτεχνολογία κατασκευάζει τέτοιες μοριακές μηχανές και ελέγχει τις δομές τους και τα προϊόντα τους, “μέσω της χημικής σύνθεσης προσδιορισμού θέσης”, μόριο προς μόριο. Λέγοντας μοριακή μηχανή, εννοείται “Κάθε μηχανή με ατομικώς ακριβή μέρη νανομετρικών διαστάσεων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει μοριακούς μηχανισμούς που βρίσκονται στη φύση.” (Nano Research Group Hellas, 2006)

Κεφάλαιο 2 Δικτύωση και επικοινωνία στη νανοκλίμακα

2.1.1 Τι είναι ένα νανοδίκτυο

Τα νανοδίκτυα, είναι τα δίκτυα επικοινωνίας που βρίσκονται στην νανοκλίμακα (10⁻⁹). Το όραμα της νανοδικτύωσης είναι να επιτύχει λειτουργικότητα και απόδοση σαν το σημερινό Internet την διαφορά ότι το μέγεθος των κόμβων μετριέται σε νανόμετρα και τα κανάλια επικοινωνίας είναι φυσικά διαιρεμένα σε εκατοντάδες ή χιλιάδες νανόμετρα. Επίσης οι κόμβοι υποτίθεται ότι είναι κινητοί και γρήγορα αναπτυσσόμενοι. Σε πολλές χρήσιμες εφαρμογές νανοδικτύωσης απαιτείται η επικοινωνία να γίνεται σε περιβάλλον όπου οι κόμβοι είναι εν ζωή όπως, μέσα σε ένα δυναμικό περιβάλλον ζωντανών οργανισμών ή σαν νανοαισθητήρες ή σαν ρομπότ που θα μπορούν να επιθεωρούν ευαίσθητα κομμάτια σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες. (Bush, S.F, 2010)

Τα νανοδίκτυα είναι και αυτά δίκτυα επικοινωνίας επομένως έχουν και τα ίδια γνωρίσματα με ανάλογα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας. Οι πληροφορίες στα νανοδίκτυα ακολουθούν το ίδιο μοτίβο με τα κλασσικά δίκτυα. Πρώτα, γίνεται η συλλογή πληροφορίας μετά

η κωδικοποίησή της, στην συνέχεια η μεταφορά-διαβίβαση, λήψη από τον κατάλληλο δέκτη, αποκωδικοποίηση και τέλος η πληροφορία διαβιβάζεται στην κατάλληλη εφαρμογή. Τα νανοδίκτυα εμπεριέχουν όλη την παραδοσιακή θεωρία δικτύων συμπεριλαμβανομένης της συμπίεσης, του εύρους, της διόρθωσης σφαλμάτων και της αρχιτεκτονικής δικτύων. Μεγάλο ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει και η σύνδεση των νανοδικτύων με τα παραδοσιακά δίκτυα της μακροκλίμακας, (βλέπε Εικόνα 1.1). (Bush, S.F, 2010)

Η μεταφορά πληροφορίας στο νάνοεπίπεδο υπήρχε ανέκαθεν στον πλανήτη, αλλά χωρίς την μηχανική παρέμβαση του ανθρώπου. Σύμφωνα με τον Stephen F. Bush ένα νανοδίκτυο υπάρχει από την στιγμή όπου μπορεί να σταλεί σε αυτό ροή μηχανικής πληροφορίας, να ανακτηθεί και να δρομολογηθεί σε κυτταρικό επίπεδο, με απόλυτο έλεγχο από το ανθρώπινο επίπεδο.

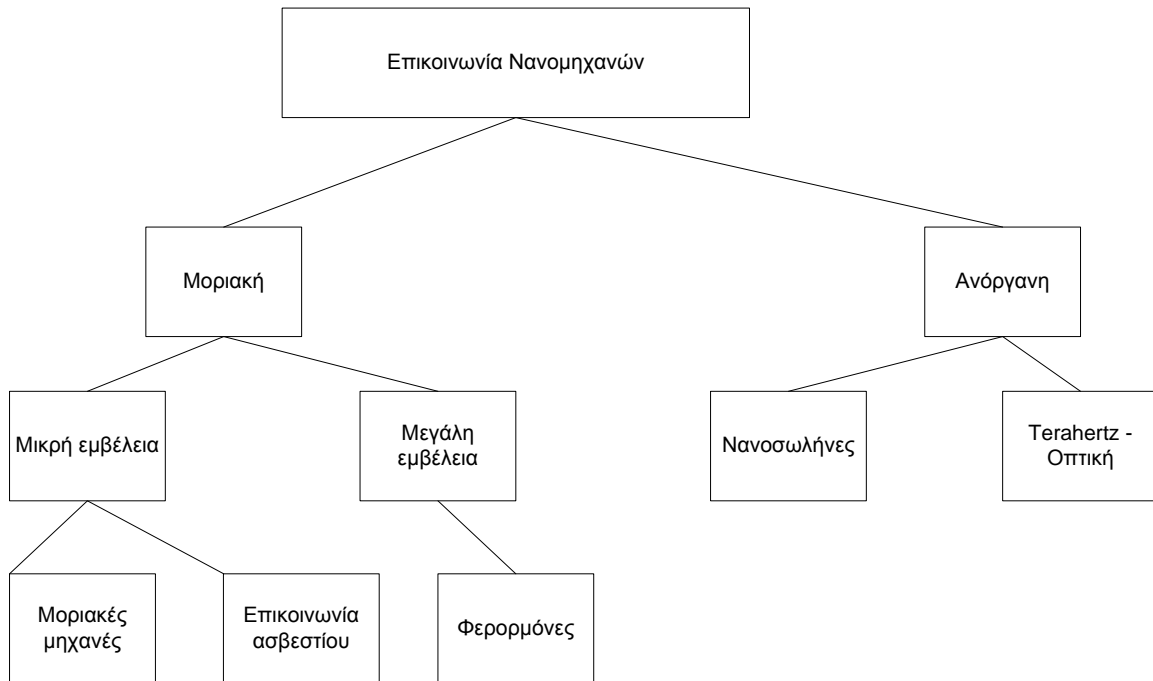
(Bush, S.F, 2010)

Ένα δίκτυο σε επίπεδο νάνο αποτελείται από την διασύνδεση νανομηχανών και σύμφωνα με τους Ian F. Akyildiz, Josep Miquel Jorn και Massimiliano Pierobon βοηθάει στο να ξεπεραστούν οι περιορισμοί των μεμονωμένων νανομηχανών. Η δυναμική των εφαρμογών ενός νανοδικτύου είναι απεριόριστη. Οι εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες.

- 1) **Βιοιατρική**, όπου για παράδειγμα θα υπάρχουν μέσα στο σώμα συστήματα παρακολούθησης της υγείας και χορήγησης φαρμάκων. Ακόμα μηχανισμοί στήριξης του ανοσοποιητικού συστήματος και τέλος μία ακόμα εφαρμογή τα τεχνητά βίο-υβριδικά εμφυτεύματα.
- 2) **Βιομηχανία αγαθών και υπηρεσιών**. Η δημιουργία ευφών υλικών και υφασμάτων, νέες διαδικασίες παραγωγής διανομής ποιοτικής επεξεργασίας και τέλος έλεγχος ποιότητας νερού και φαγητού.
- 3) **Περιβαλλοντολογικές εφαρμογές**, για παράδειγμα βιολογικά και χημικά δίκτυα νανοαισθητήρων για τον έλεγχο της ρύπανσης της βιοποικιλότητας και την βοήθεια της αποικοδόμησης.
- 4) **Στρατιωτικές εφαρμογές** για παράδειγμα ανάπτυξη άμυνας σε περίπτωση πυρηνικής, βιολογικής και χημικής επίθεσης, καθώς και απόκτηση εξοπλισμού από υλικά νανοτεχνολογίας.

(Ian, Akyildiz, Jornet & Pierobon, 2011)

Πριν εμβαθύνουμε όμως στον τρόπο επικοινωνίας και στα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται θα δοθεί μια ταξινόμηση επικοινωνίας στο νανοεπίπεδο, για την καλύτερη κατανόηση. Τα νανοδίκτυα χωρίζονται σε μοριακά και δίκτυα από ανόργανα υλικά. Στην κάθε περίπτωση χρησιμοποιούνται διαφορετικές τεχνικές. (Leeson, 2012)



Εικόνα 2.1. Ταξινόμηση επικοινωνίας στο νανοεπίπεδο (Leeson, 2012)

2.1.2 Επικοινωνία σε νανοκλίμακα

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των νανομηχανών είναι ότι μπορούν και επικοινωνούν μεταξύ τους. Η επικοινωνία γίνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

- Επικοινωνία νανομηχανών με μια ηλεκτρονική μικροσυσκευή
- Επικοινωνία δύο ή περισσότερων νανομηχανών μεταξύ τους

Έως σήμερα αυτή η επικοινωνία γίνεται με δύο διαφορετικές τεχνολογίες την **μοριακή (οργανική)** και την **νανοηλεκτρομαγνητική επικοινωνία (ανόργανη)**. Παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας στον οποίο αναφέρονται οι μέθοδοι επικοινωνίας των νανοδικτύων σε αντιπαραβολή με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Επικοινωνία	Παραδοσιακή	Μοριακή	Νανοηλεκτρομαγνητική
Φορέας επικοινωνιών	Ηλεκτρομαγνητικά κύματα	Μόρια	Ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ζώνη THz)
Τύπος σήματος	Ηλεκτρομαγνητικός	Χημικός	Ηλεκτρομαγνητικός
Ταχύτητα διάδοσης	Φωτός	Εξαιρετικά χαμηλή	Φωτός
Συνθήκες μέσου	Επηρεάζουν τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	Επηρεάζουν τη μοριακή διάχυση	Επηρεάζουν τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων
Θόρυβος	Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και σήματα	Χημικός	Ηλεκτρομαγνητικά πεδία, επιδράσεις ζώνης THz
Κατανάλωση ισχύος	Υψηλή	Χαμηλή	-

Εικόνα 2.2 (Κονοφάος, 2011)

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (χρήση ανόργανων υλικών) μπορεί να μεταδώσει μόνο πληροφορίες κυρίως από την μικροσυσκευή προς μια νανομηχανή λόγω του μικρού μεγέθους της νανομηχανής και της κατανάλωσης ισχύος. Για όλες τις άλλες μορφές επικοινωνίας σύμφωνα με τον κ. Ν. Κονοφάο χρησιμοποιείται η μοριακή νανοηλεκτρομαγνητική επικοινωνία (οργανική). (Κονοφάος, 2011)

2.1.3 Επικοινωνία σε φάσμα συχνοτήτων Terahertz

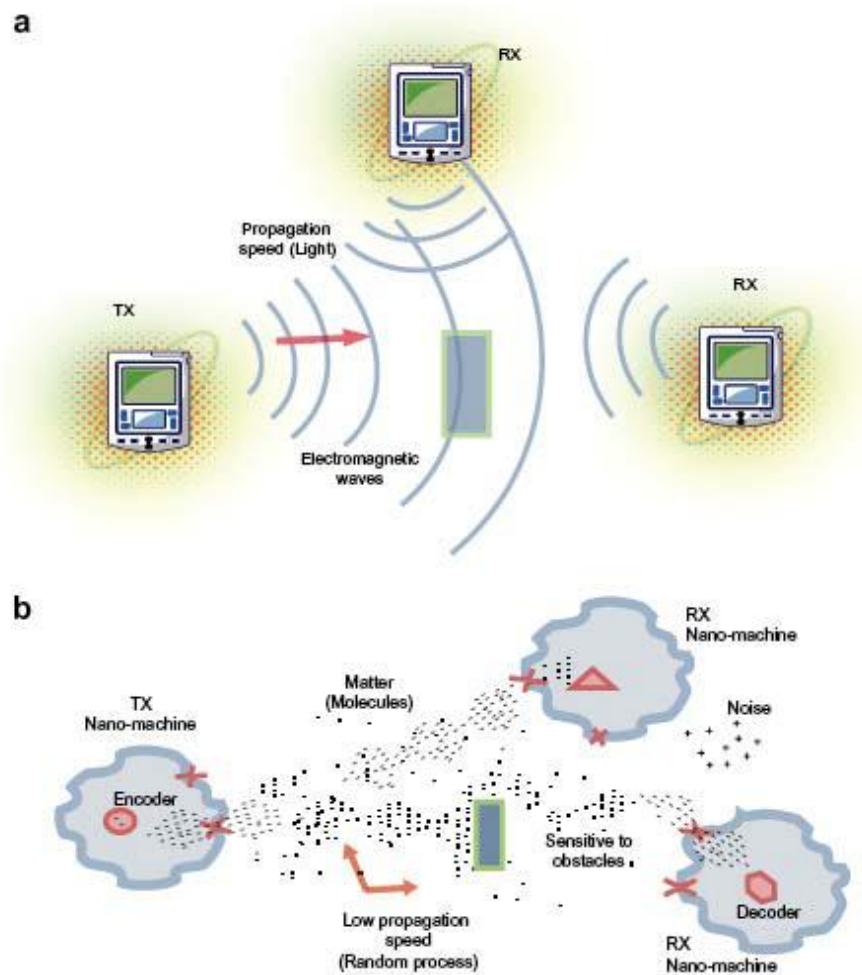
Τα υλικά που χρησιμοποιεί η νανοτεχνολογία για επικοινωνία προσφέρουν δυνατότητα επέκτασης των ήδη υπάρχων τεχνικών διασύνδεσης στην νανοκλίμακα. Καταρχάς οι νανοσωλήνες άνθρακα και η γραφίνη λόγω των κβαντικών ιδιοτήτων τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ηλεκτρομαγνητικών κεραιών ή ως βάση για πομποδέκτες. Για όλες αυτές τις λειτουργίες θα χρησιμοποιείται η ζώνη συχνοτήτων των Terahertz (0.1THz–10THz), λόγω του μεγέθους των νανομηχανών. (Ian, Akyildiz, Jornet & Pierobon, 2011)

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα Terahertz, εξυπηρετεί στην μεταφορά τεράστιου όγκου δεδομένων σε πολύ μικρό χρόνο. Το φάσμα των Terahertz είναι πολλά υποσχόμενο και βρίσκεται ανάμεσα στα μικροκύματα και στην υπέρυθρη ζώνη. Αντιστοιχεί σε συχνότητες από τριακόσια εκατομμύρια hertz έως 10 τρισεκατομμύρια hertz. Αυτή η ακτινοβολία έχει μερικά μοναδικά χαρακτηριστικά, για παράδειγμα μπορεί να αποδώσει εικόνες υψηλής ανάλυσης και να μεταφέρει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε μικρό χρόνο, χωρίς να είναι επιβλαβής για τον άνθρωπο. (Ieee Spectrum, 2012)

2.1.4 Μοριακή επικοινωνία

Στην μοριακή επικοινωνία αντίθετα χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικές τεχνολογίες. Η νανοτεχνολογία, η βιολογία και οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Το πρωτοποριακό σε αυτήν την τεχνική επικοινωνίας είναι ότι η ενσωμάτωση μοριακών πομποδεκτών γίνεται πιο εύκολα στις νανομηχανές λόγω του μεγέθους τους και του φυσικού τους τομέα. “Οι πομποδέκτες αυτοί είναι νανομηχανές με δυνατότητα αντίδρασης σε συγκεκριμένα μόρια και απελευθέρωσης άλλων με τη μορφή απόκρισης σε μια εσωτερική εντολή.” (Κονοφάος, 2011)

Η μοριακή επικοινωνία είναι κατάλληλη για την επίλυση των προβλημάτων επικοινωνίας, στα νανοδίκτυα γιατί υπάρχει μεγάλη βιοσυμβατότητα και χαμηλή κατανάλωση ισχύος σε αντίθεση με τις κλασσικές μορφές επικοινωνίας. Τέλος γίνεται πραγματική αξιοποίηση των δομών στην νανοκλίμακα (μόρια). Η κατηγοριοποίηση βάσει αποστάσεων στην μοριακή επικοινωνία φαίνεται και στην Εικόνα 2.1 όπου υπάρχει σύγκλιση απόψεων με τον Κονοφάο, Ν και τον Leeson, Μ στο Communicating at the Nanoscale.



Εικόνα 2.3 (Κονοφάος, 2011)

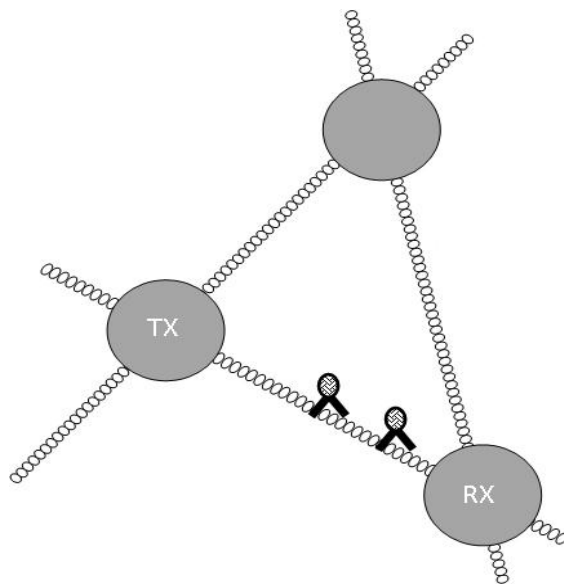
Δίνεται μια εικόνα για την σύγκριση της ασύρματης παραδοσιακής επικοινωνίας (σχήμα a) σε αντιδιαστολή με την μοριακή ασύρματη επικοινωνία (σχήμα b).

Αναλύοντας το σχήμα b για το πώς γίνεται η μοριακή επικοινωνία μέσω διάχυσης, στην Εικόνα 2.3 βλέπουμε ότι ο πομπός κωδικοποιεί την πληροφορία στα μόρια, την ενσωματώνει στο μέσω διάδοσης ελευθερώνοντας μόρια στο περιβάλλον ή την ενσωματώνει σε υπάρχοντα μόρια. Στην συνέχεια η πληροφορία πηγαίνει στον δέκτη, γίνεται η αποκωδικοποίηση και εκτελείται η εντολή.

(Νίκος Κονοφάος, 2011.)

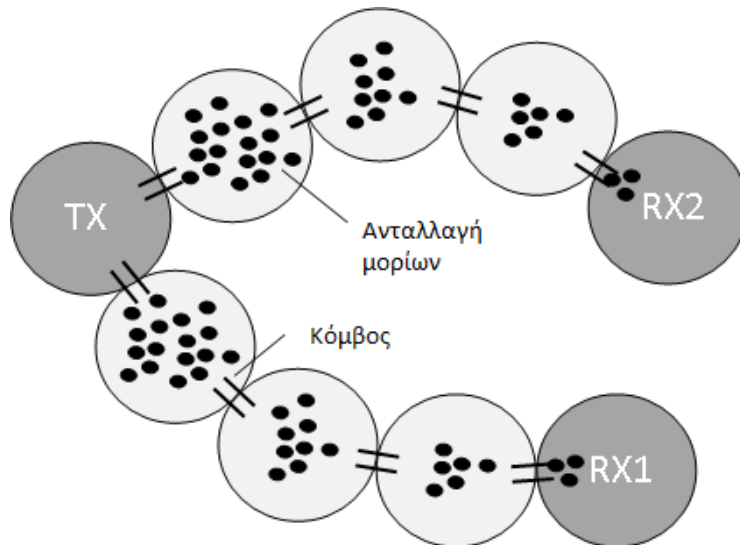
Θα δοθούν άλλα δύο παραδείγματα μοριακής επικοινωνίας από τον Leeson, M που συμπληρώνουν τον Κονοφάο, N.

Η επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων βασίζεται στους μοριακούς κινητήρες. Οι μοριακοί κινητήρες είναι πρωτεΐνες ή συμπλέγματα πρωτεϊνών όπου μετατρέπουν την χημική ενέργεια σε μηχανική. Ο πομπός τοποθετεί την πληροφορία στους μοριακούς κινητήρες που μεταφέρει την πληροφορία μέσω νανοσωλήνων στον δέκτη σύμφωνα με την Εικόνα 2.4 . (Leeson, 2012)



Εικόνα 2.4 (Leeson, 2012)

Μια άλλη μέθοδος δικτύωσης είναι η περίπτωση εκείνη που οι νανομηχανές βρίσκονται σε επαφή. Η επικοινωνία γίνεται μεταξύ κυτταρικών συνδέσεων και η κωδικοποίηση της πληροφορίας με την χρήση ασβεστίου και άμεση ανταλλαγή μορίων μεταξύ των νανομηχανών, σύμφωνα με την Εικόνα 2.5 . (Leeson, 2012)



Εικόνα 2.5 (Leeson, 2012)

Τέλος για να ολοκληρωθούν οι τρόποι μοριακής επικοινωνίας θα ειπωθούν λίγα πράγματα για την επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις. Η επικοινωνία αυτή γίνεται με την χρήση φερομονών. Η χρήση φερομονών θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει κλιμακούμενη μοριακή επικοινωνία από την στιγμή που οι συσκευές εκπομπής φερομονών είναι στην μακροκλίμακα αλλά η πληροφορία κωδικοποιείται στο νανοεπίπεδο. Αυτή η διαδικασία έχει το πλεονέκτημα της ανταλλαγής πληροφορίας μεταξύ αυτών των επιπέδων και επιπλέον προσφέρει επικοινωνία μεταξύ των νανομηχανών. Αυτό όμως είναι πλεονέκτημα των «εν ζωή» νανομηχανών. (Leeson, 2012)

2.1.5 Επικοινωνία σε φάσμα συχνοτήτων Terahertz

Τα νανοδίκτυα με ανόργανα υλικά χρησιμοποιούν το φάσμα Terahertz το οποίο παρέχει μεγάλο εύρος ζώνης. Το θετικό είναι ότι σε αυτό το εύρος είναι ταχύτερη η επικοινωνία μεταξύ των νανοσυσκευών. Επιπλέον σε αυτό το εύρος ζώνης παρέχονται νέες μέθοδοι πρόσβασης καναλιών οι οποίες διευκολύνουν το πρωτόκολλο MAC. “Μια διεύθυνση Media Access Control - έλεγχος πρόσβασης σε μέσα (διεύθυνση MAC) είναι ένας δεκαεξαδικός σειριακός αριθμός ο οποίος είναι μοναδικός για κάθε δικτυακή συσκευή.” (Wikipedia, 2012)

Έτσι όταν χρησιμοποιούνται παλμοί 10–15 του δευτερολέπτου για την επικοινωνία των νανομηχανών η πιθανότητα να υπάρχει collision (σύγκρουση) μεταξύ εκπομπών διαφορετικών νανομηχανών είναι απειροελάχιστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται πολύ απλά MAC πρωτόκολλα. Για παράδειγμα οι νανομηχανές μπορούν να εκπέμπουν κάθε φορά που έχουν μια πληροφορία και απλά να περιμένουν για επιβεβαίωση. Ακόμα όμως δεν έχουν οριστεί

τρόποι για την επαλήθευση της πληροφορίας, όπως και μηχανισμοί για την διόρθωση σφαλμάτων. Επίσης η διευθυνσιοδότηση και η δρομολόγηση θα καθοριστούν από τις δυνατότητες των νανοσυσκευών. Προς το παρόν είναι ανέφικτο να δοθεί μια ξεχωριστή ταυτότητα σε κάθε κομμάτι ενός νανοδικτύου. Αντίθετα θεωρείται ότι βάση της επικοινωνίας με παλμούς 10–15 του δευτερολέπτου οι νανομηχανές θα έχουν αντίληψη των αποστάσεων μεταξύ τους. Το παραπάνω θα είναι χρήσιμο στην διευθυνσιοδότηση και τη δρομολόγηση. (Ian, Akyildiz, Jornet & Pierobon, 2011)

Για την μοριακή δικτύωση θα χρησιμοποιηθούν πρωτόκολλα τα οποία θα είναι εμπνευσμένα από την παρατήρηση τέτοιων δικτύων (βιολογικά εμπνευσμένα μοριακά δίκτυα). Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πρωτόκολλα εμπνευσμένα από κλασικά παραδείγματα δικτύωσης προσαρμοσμένα στο μοριακό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπόψη η καθυστέρηση του πολλαπλασιασμού της μοριακής πληροφορίας η οποία είναι υψηλή σε σχέση με τις παραδοσιακές ηλεκτρομαγνητικές επικοινωνίες. Για την δημιουργία ενός MAC πρωτοκόλλου, πρέπει να ληφθεί υπόψη επίσης και η αλληλεπίδραση πολλαπλών πομπών στο ίδιο περιβάλλον. Αυτό γίνεται για την μεγιστοποίηση της συνολικής απόδοσης του δικτύου. Όσο αφορά την διευθυνσιοδότηση και τη δρομολόγηση, θα πρέπει να ενσωματώνονται στην δομή των μορίων που συνθέτουν την πληροφορία. (Ian, Akyildiz, Jornet & Pierobon, 2011)

2.1.6 Τα υπέρ και κατά των νανοδικτύων

Τα προτερήματα της χρήσης νανοδικτύων είναι αρκετά σε σχέση με τα παραδοσιακά πρότυπα επικοινωνίας. Πρώτον στα νανοηλεκτρομαγνητικά δίκτυα η πληροφορία μπορεί να κωδικοποιηθεί στο πλάτος, τη συχνότητα, την φάση, στα ενεργειακά επίπεδα και την πόλωση κάθε μεμονωμένου σωματιδίου. Ακόμα η πληροφορία μπορεί να κωδικοποιηθεί και μέσω μηχανικών διαδικασιών για παράδειγμα μια νανομηχανή μπορεί να περιστραφεί αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα οπότε και υπάρχουν δύο καταστάσεις κωδικοποίησης της πληροφορίας. Επιπλέον η κατανάλωση ισχύος στα νανοδίκτυα είναι μικρότερη διότι καταναλώνουν ισχύ κυρίως από χημικές διεργασίες και όχι ηλεκτρική ισχύ από μπαταρίες όπως τα παραδοσιακά δίκτυα επικοινωνιών. Τα μειονεκτήματα είναι ότι η έννοια του θορύβου εξακολουθεί να ισχύει στα νανοδίκτυα και επίσης η “ταχύτητα διάδοσης των σημάτων σε παραδοσιακά ηλεκτρομαγνητικά δίκτυα είναι ταχύτερη από τη διάδοση των μοριακών μηνυμάτων”. (Κονοφάος, 2011)

Κεφάλαιο 3 Περισσότερα για την μοριακή επικοινωνία

3.1 Ανάλυση ενός μοριακού συστήματος επικοινωνίας μικρής απόστασης

Ο κύριος τρόπος μετάδοσης της πληροφορίας σήμερα στα μέσα δικτύωσης είναι με ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Για αυτό και η δικτύωση σε νανοεπίπεδο αποτελεί το νέο τεχνολογικό άλμα. Στα νανοδίκτυα επίσης χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικοί μηχανισμοί, οι επιστήμονες επικεντρώνονται, σύμφωνα με τους Muhammad Yasir Siddique Anjum και Muhammad Ali Raza Anjum στην χρήση μορίων σαν μέσο επικοινωνίας, λόγω ταχύτητας μεγέθους και μικρής κατανάλωσης ενέργειας.

Ιδιότητα	Παραδοσιακές επικοινωνίες	Επικοινωνία σε νανοεπίπεδο
Μέσο μεταφοράς	Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο	Μοριακό
Τύπος σήματος	Ηλεκτρικό/Οπτικό	Μηχανικό/Χημικό
Ταχύτητα πολ/μού	Ταχύτητα φωτός	Συγκριτικά πιο αργό
Περιβάλλον	Αέρας/ Ίνες	Περιβάλλον υγρό
Είδος πληροφορίας	Φωνή/Κείμενο/Εικόνα	Φυσικό/Χημικό
Τρόπος λήψης	Λήψη κωδικοποιημένων πληροφοριών	Χημική αντίδραση
Λοιπά χαρακτηριστικά	Απαραίτητη η ακρίβεια και χρήση πολλής ενέργειας	Στοχαστική/Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας

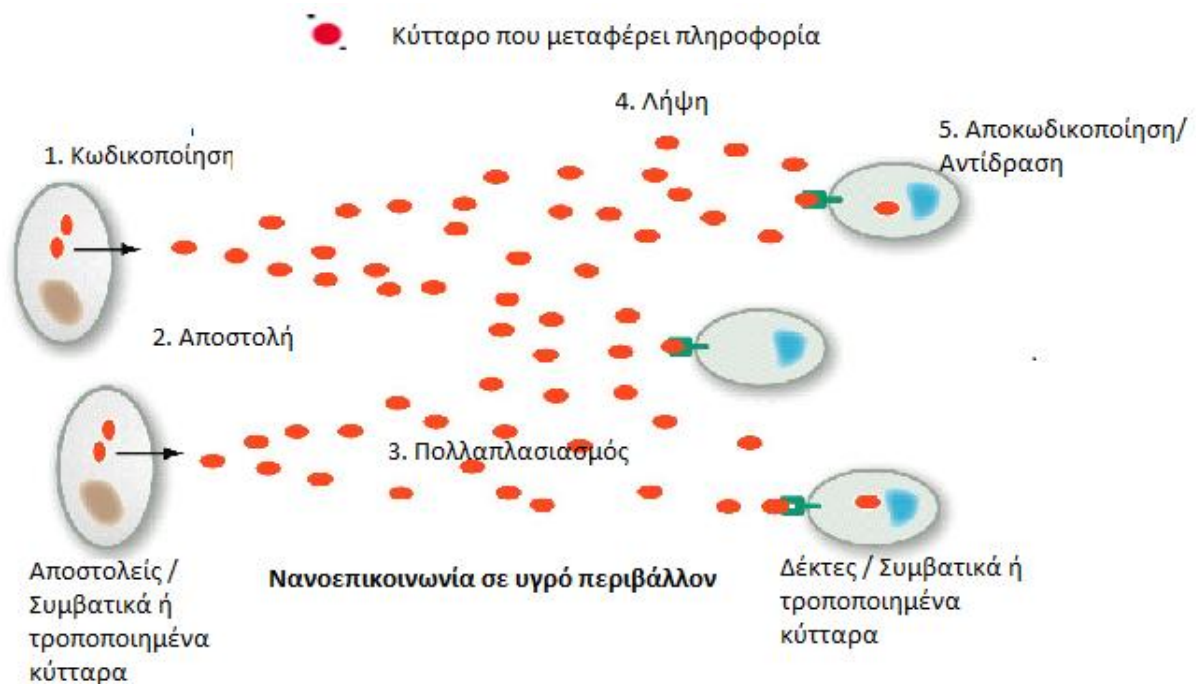
Εικόνα 3.1 Σύγκριση χαρακτηριστικών επικοινωνίας. (Siddique Anjum & Raza Anjum, 2010)

Οι νανομηχανές σε ένα νανοδίκτυο, μπορούν να χωριστούν σε βιολογικές ή συνθετικές. Βιολογικές είναι αυτές που μπορούν να υπάρξουν σε ένα βιολογικό σύστημα όπως ένα κύτταρο. Ενώ συνθετικές είναι οι νανομηχανές που κατασκευάζονται εξολοκλήρου από τον άνθρωπο ή είναι βιολογικά συστήματα τα οποία τροποποιούνται. (Siddique Anjum & Raza Anjum, 2010)

Στα βιολογικά συστήματα υπάρχουν ήδη μηχανισμοί επικοινωνίας. Αυτοί οι μηχανισμοί βοηθούν στην δημιουργία μοριακών συστημάτων επικοινωνίας π.χ οι ενδοκυτταρικοί μηχανισμοί επικοινωνίας. Επίσης χρησιμοποιούνται και εξαρτήματα επικοινωνίας όπως πχ οι μοριακοί κινητήρες. (molecular motors: Οι μοριακοί κινητήρες είναι πρωτεΐνες ή συμπλέγματα πρωτεϊνών που μετατρέπουν την χημική ενέργεια σε μηχανική στην νανοκλίμακα. Είναι το μέσο μεταφοράς της πληροφορίας μεταξύ των νανομηχανών για επικοινωνία μικρής εμβέλειας.

Βρίσκονται κυρίως σε ευκαρυωτικά κύτταρα ή ζωντανούς οργανισμούς.) (Akyildiz, Brunetti & Blazquez, 2008)

Το πλεονέκτημα της χρήσης βιολογικών συστημάτων επικοινωνίας στο νανοεπίπεδο είναι ότι μπορούν να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες της επικοινωνίας στο νανοεπίπεδο που συναντούνται με την χρήση ηλεκτρικών και οπτικών κυμάτων. Επιπλέον αυτή η τεχνολογία είναι πιο φιλική στο περιβάλλον. Ακόμα ένα βιολογικό σύστημα έχει καλύτερο ρυθμό ενέργειας και απόδοσης που μπορεί να φτάσει και στο 90%. Μια μοριακή αντίδραση μπορεί να αντιπροσωπεύει πολλαπλούς υπολογισμούς και να καταναλώνει λίγη ενέργεια και απαγωγή θερμότητας με μεγαλύτερη απόδοση ακόμα και 100.000 φορές λιγότερη από ένα τρανζίστορ. Όσο αναφορά την εμβέλεια της επικοινωνίας οι μοριακές επικοινωνίες μπορούν να μεταδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις με την ίδια κατανάλωση ενέργειας χωρίς απώλεια πληροφορίας. (Suda, Moore, Nakano, Egashira & Enomoto,2005)



Εικόνα 3.2 Μοριακή επικοινωνία (Suda, Moore, Nakano, Egashira & Enomoto,2005)

3.2 Περιγραφή μοριακού πρωτοκόλλου επικοινωνίας

Το γενικό μοριακό σύστημα επικοινωνίας αποτελείται από μόρια που μεταφέρουν την πληροφορία, (πρωτεΐνες, ιόντα) νανομηχανές – αποστολείς, νανομηχανές-λήπτες και το ενδιαμέσο περιβάλλον όπου γίνεται ο πολλαπλασιασμός των κυττάρων ανάμεσα στις νανομηχανές, εικόνα 3.2. Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει κωδικοποίηση, αποστολή, λήψη και αποκωδικοποίηση. (Suda, Moore, Nakano, Egashira & Enomoto,2005)

Κωδικοποίηση είναι η διαδικασία στην οποία ο αποστολέας μεταφέρει την πληροφορία σε μόρια-φορείς τα οποία ο δέκτης μπορεί να αντιληφτεί ή να εντοπίσει. Η πληροφορία μπορεί να κωδικοποιηθεί στο υποατομικό επίπεδο συγκεκριμένων μορίων (αλληλουχία DNA ή σε κάποια χαρακτηριστικά τους. Η πληροφορία μπορεί να μεταδοθεί και με άλλο τρόπο, με την επίδραση στο περιβάλλον. Για παράδειγμα ο αποστολέας εκπέμπει μόρια που τροποποιούν το περιβάλλον και ο λήπτης ανιχνεύει αυτές τις αλλαγές και λαμβάνει την πληροφορία. Πολλαπλασιασμός – διάδοση (propagation) είναι η διαδικασία στην οποία τα φέροντα την πληροφορία μόρια κινούνται διαμέσου του περιβάλλοντος σύμφωνα με την κίνηση Brown, από τον αποστολέα στον λήπτη. (Suda, Moore, Nakano, Egashira & Enomoto,2005)

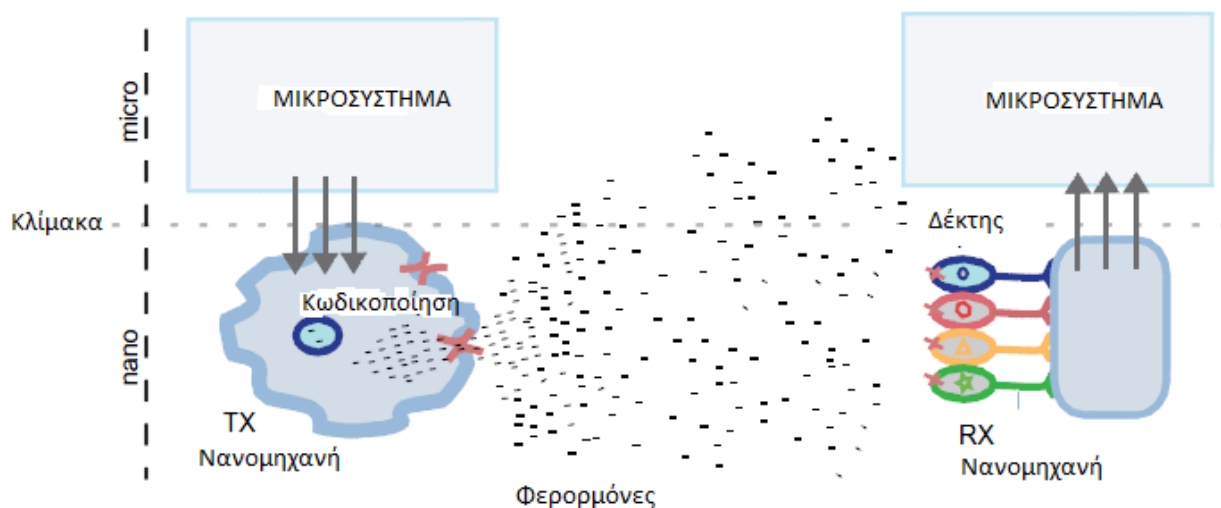
Κίνηση Brown: Μοντέλο τυχαίου περιπάτου. Είναι η εικόνα που προκύπτει από ένα σωματίδιο το οποίο κινείται τυχαία σε δυσδιάστατο χώρο, με τυχαία κατεύθυνση και ταχύτητα όπου σε κάθε νέα θέση ανανεώνονται οι τιμές αυτές σε σχέση με τις παλιές τιμές ταχύτητας και θέσης. (Morters & Peres, 2008)

Η διάδοση μπορεί να είναι παθητική, στην οποία τα κύτταρα δεν χρησιμοποιούν ενέργεια κατά την κίνησή τους διαμέσου του περιβάλλοντος. Επίσης η διάδοση μπορεί να είναι ελεγχόμενη τροποποιώντας το περιβάλλον που κινούνται τα φέρων μόρια. Για παράδειγμα οι μοριακοί κινητήρες που ακολουθούν πορεία «σιδηροδρόμου» από μόρια για την μεταφορά φέρων-μορίων. Βλέπε εικόνα 2.4 στο κεφάλαιο 2.1.4. Η λήψη είναι μια διαδικασία στην οποία ο δέκτης λαμβάνει φέρων μόρια διαμέσου του περιβάλλοντος. Ο δέκτης-κύτταρο μπορεί να έχει υποδοχείς για αυτά τα μόρια ή κενά για την ενσωμάτωση των μορίων στο κύτταρο. Τέλος η αποκωδικοποίηση είναι η διαδικασία στην οποία ο δέκτης αφού ενσωματώσει τα φέρων μόρια αποκωδικοποιεί την πληροφορία από τα μόρια με μια αντίδραση (χημική αντίδραση, πρωτεϊνοσύνθεση). (Suda, Moore, Nakano, Egashira & Enomoto,2005)

3.3 Ανάλυση ενός μοριακού συστήματος επικοινωνίας μεγάλης απόστασης

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω η μοριακή επικοινωνία σε μεγάλη απόσταση μεταξύ νανομηχανών μπορεί να γίνει μέσω των φερορμονών, από μερικά χιλιοστά έως κάποια χιλιόμετρα. Το σύστημα επικοινωνίας είναι παρόμοιο με το μοριακό σύστημα μικρής απόστασης. Η επικοινωνία βασίζεται με την αποστολή μορίων που γίνονται αντιληπτά από τον δέκτη. Η επικοινωνία με φερορμόνες μπορεί να γίνει σε υγρό και σε ξηρό περιβάλλον. Τα μόρια επηρεάζονται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η διασπορά και το μέσο ροής. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να θεωρηθούν και σαν θόρυβος αντίστοιχος με τον θόρυβο που εμφανίζεται σε αντίστοιχα παραδοσιακά κανάλια επικοινωνίας, και μπορούν να υποβαθμίσουν την αξιοπιστία της μετάδοσης. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το σύστημα κωδικοποίησης. Ενώ στις παραδοσιακές επικοινωνίες το μήνυμα κωδικοποιείται σε δυαδικό κώδικα στο μοριακό σύστημα μεγάλης απόστασης κωδικοποιείται η πληροφορία στο μόριο. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας με φερορμόνες μοιάζει με αυτό της επικοινωνίας σε μικρή απόσταση και αναλύεται σε πέντε βήματα. Ακόμα δεν υπάρχουν νανομηχανές που να μπορούν να εκτελέσουν αυτά τα βήματα, αλλά αναμένεται να υπάρχουν σύντομα στο μέλλον. (Akyildiz, Brunetti & Blazquez, 2008)

Πρώτα γίνεται η κωδικοποίηση, η οποία περιλαμβάνει την επιλογή συγκεκριμένων φερορμονών ή κατάλληλων μορίων για να μεταδώσουν την πληροφορία και να παραχθεί η απόκριση στον λήπτη. Στην συνέχεια η μετάδοση περιλαμβάνει την απελευθέρωση επιλεγμένων φερορμονών στο μέσο διάδοσης. Η εκπομπή πληροφορίας πρέπει να είναι μια εκούσια δράση του πομπού για να χαρακτηριστεί το παραπάνω σαν παράδειγμα επικοινωνίας νανοδικτύωσης. (Akyildiz, Brunetti & Blazquez, 2008)



Εικόνα 3.3 Μοριακή επικοινωνία με φερορμόνες (Akyildiz, Brunetti & Blazquez, 2008)

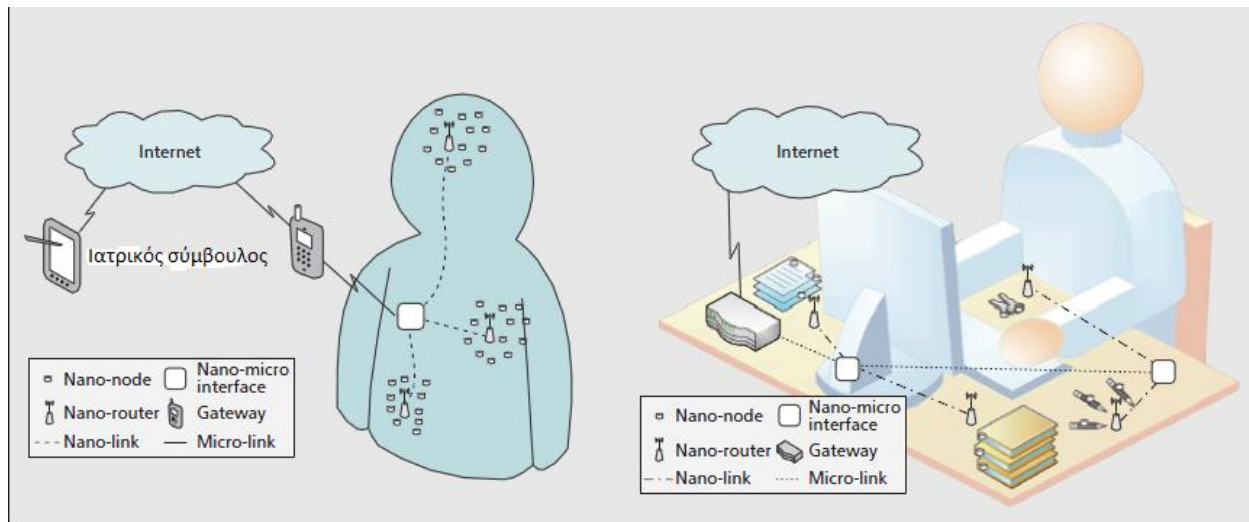
Η διάδοση των φερορμονών από τον πομπό στον δέκτη γίνεται μέσω της διαδικασίας της διάχυσης όπου κάθε μόριο υποβάλλεται σε κίνηση Brown. Η διάχυση των μορίων ή ο πολλαπλασιασμός τους είναι πολύ ευαίσθητος στην θερμοκρασία στην πίεση και το μέσο. Επίσης ανταγωνιστικά μόρια μπορούν να αλλοιώσουν την πληροφορία και να επηρεάσουν αρνητικά την μετάδοση. Κατά την υποδοχή του μηνύματος από την νανομηχανή-δέκτη χρησιμοποιούνται πρωτεΐνες-υποδοχείς για την αποκόλληση του μορίου από τον φορέα. Στο τέλος γίνεται η αποκωδικοποίηση του μηνύματος, δηλαδή η ερμηνεία του μηνύματος. Το σύστημα αποκωδικοποίησης είναι ενσωματωμένο στα όργανα υποδοχής και εκφράζει χωρικά και χρονικά τον τρόπο υποδοχής. (Akyildiz, Brunetti & Blazquez, 2008)

Κεφάλαιο 4 Εφαρμογές για νανοδίκτυα – Ηλεκτρομαγνητική επικοινωνία

Στα νανοδίκτυα κάθε μόριο είναι κομμάτι του δικτύου επικοινωνίας, το οποίο αντιπροσωπεύει δεδομένα. Κάθε μόριο έχει την δυνατότητα να είναι αισθητήρας και να μεταδίδει πληροφορίες. Τα νανοδίκτυα θα μπορούν να έχουν πολλές εφαρμογές στο μέλλον όπως στην ιατρική, στην δικτύωση και στην δημιουργία νανουλικών με νέες ιδιότητες. (Bush, S.F, 2010)

4.1 The internet of nanothings (το διαδίκτυο των νανοπραγμάτων)

Το διαδίκτυο των νανοπραγμάτων αποτελεί ένα παράδειγμα δικτύωσης. Η βασική ιδέα είναι η διασύνδεση νανοσυσκευών με τα παραδοσιακά δίκτυα και συνεπώς με το διαδίκτυο. Οι συγγραφείς της μελέτης αυτής I. Akyildiz και J. Jornet συμφωνούν με τις προηγούμενες πηγές που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Δηλαδή ότι η επικοινωνία στην νανοκλίμακα μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Την μοριακή δικτύωση και την νανο-ηλεκτρομαγνητική επικοινωνία. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθεί η ηλεκτρομαγνητική επικοινωνία μεταξύ των νανοσυσκευών βλέποντας δύο εφαρμογές νανοδικτύωσης. Αυτά είναι η βάση της αρχιτεκτονικής του διαδικτύου των νανοπραγμάτων. (Akyildiz & Jornet, 2010)



Εικόνα 4.1 Αρχιτεκτονική του διαδικτύου των νανοπραγμάτων. α) Νανοδίκτυα μέσα στο σώμα για ιατρικές εφαρμογές β) Γραφείο με σύνδεση στο διαδίκτυο (Akyildiz & Jornet, 2010)

Στην δικτύωση μέσα στο σώμα διάφορες νανομηχανές όπως νανοαισθητήρες αναπτύσσονται και ελέγχονται ασύρματα από την μακροκλίμακα διαμέσου του διαδικτύου από κάποιο ιατρικό σύμβουλο. Στο διασυνδεδεμένο γραφείο κάθε αντικείμενο που βρίσκεται εκεί έχει ένα νανοδέκτη που τα επιτρέπει να είναι συνδεδεμένα συνέχεια στο διαδίκτυο. Με αποτέλεσμα ο χρήστης να έχει τον έλεγχο της κατάστασης και της θέσης των αντικειμένων. Στη συνέχεια, παρακάτω θα εξηγηθούν και τα υλικά της αρχιτεκτονικής του διαδικτύου των νανοπραγμάτων. (Akyildiz & Jornet, 2010)

Νανο-κόμβοι: (Nano-nodes), είναι πολύ μικρές και απλές νανομηχανές. Μπορούν να εκτελούν υπολογισμούς, έχουν μικρή μνήμη, και εκπέμπουν σε μικρές αποστάσεις μόνο, λόγω της χαμηλής τους ενέργειας και τις μειωμένες ικανότητες επικοινωνίας. (Akyildiz & Jornet, 2010)

Νανοδρομολογητές: (Nanorouters), μεγαλύτερες νανοσυσκευές με περισσότερη υπολογιστική δύναμη κατάλληλες για την συγκέντρωση πληροφοριών από άλλες νανομηχανές. Επίσης μπορούν να ελέγχουν τους νανοκόμβους στέλνοντας απλές εντολές (on/off, sleep, read value). (Akyildiz & Jornet, 2010)

Νανο-μικρο συσκευές διασύνδεσης: (Nano-micro interface devices), αυτές οι συσκευές μπορούν συγκεντώνουν την πληροφορία από τα νανορούτερ, να την μεταφέρουν στην μικροκλίμακα και ανάποδα. Αυτές είναι περισσότερο υβριδικές συσκευές γιατί μπορούν να επικοινωνούν στη νανοκλίμακα αλλά και να χρησιμοποιούν να παραδοσιακά συμβατικά δίκτυα επικοινωνίας. (Akyildiz & Jornet, 2010)

Πύλη: (Gateway), Αυτή η συσκευή επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο ολόκληρου του συστήματος από το διαδίκτυο. Εκτός από την διασύνδεση των συσκευών στην μικροκλίμακα η ανάπτυξη των πυλών και η διαχείριση του δικτύου αυτού μέσω του διαδικτύου είναι ακόμα χώρος έρευνας. (Akyildiz & Jornet, 2010)

Κεφάλαιο 5 Η τρέχουσα επιστημονική πρόοδο και εξέλιξη της νανοτεχνολογίας

Τα σημαντικότερα επιτεύγματα της νανοτεχνολογίας είναι:

- Η απρόσμενη ανακάλυψη και έπειτα παρασκευή νανοσωλήνων από άνθρακα, και η χρήση τέτοιων υλικών σε ηλεκτρονικές συσκευές.
- Η ικανότητα της τοποθέτησης μηχανικών μεμονωμένων κυττάρων σε ηλεκτρικές επαφές και η μέτρηση της μεταφοράς μέσω των μορίων
- Η διαθεσιμότητα της ανίχνευσης τεχνικών για τον χειρισμό της ύλης για την κατασκευή νανοδομών.
- Η ανάπτυξη χημικών συνθετικών μεθόδων για την παραγωγή νανοκρυστάλλων και την περαιτέρω συναρμολόγηση μεγαλύτερων δομών.
- Η εισαγωγή των βιομορίων και των υπερμοριακών δομών στο πεδίο των νανοσυσκευών.
- Η απομόνωση βιολογικών κινητήρων και η ενσωμάτωσή τους σε μη βιολογικά περιβάλλοντα. (WTEC, 1999)

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα-Προτάσεις

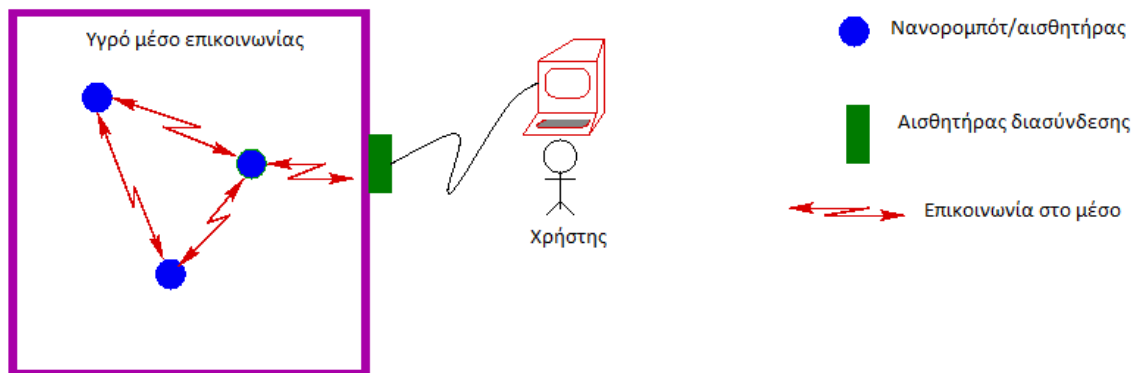
Ο Claude Shannon, ένας μεγάλος επιστήμονας του 20ου αιώνα, είχε πεί ότι ο βασικός σκοπός στο πρόβλημα της επικοινωνίας είναι η μεταφορά ενός μηνύματος στο κενό που έχει δημιουργηθεί σε ένα άλλο σημείο. Προσπάθησε να καθορίσει πόσες πληροφορίες μπορούν να μεταδοθούν, από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β, μέσω ενός καναλιού με θόρυβο. Οι πρωτοποριακές του ιδέες βοήθησαν στην ανάπτυξη του σημερινού κόσμου της επικοινωνίας. (MIT Technology Review, 2010)

Από τότε η επιστήμη επικεντρώθηκε στην επικοινωνία με την χρήση του ηλεκτρομαγνητισμού. Όμως ανέκαθεν η επικοινωνία στον κόσμο γινόταν με την εκπομπή και την λήψη μορίων. Το βασικό ερώτημα είναι πόση πληροφορία μπορεί να μεταδοθεί μέσω της μοριακής επικοινωνίας. Η ομάδα του Sachin Kadloor, στο πανεπιστήμιο του Illinois, μελετούν ένας πομπό που μεταδίδει πανομοιότυπα μόρια, στα οποία η πληροφορία ενσωματώνεται στους χρόνους απελευθέρωσής τους. Ο δέκτης βρίσκεται σε μια ρευστή κατάσταση στην οποία τα μόρια διαχέονται σύμφωνα με την κίνηση Brown και μετά απορροφούνται από ένα δέκτη που μπορεί να μετράει τους χρόνους επιστροφής τους. Το πρόβλημα αυτής της μελέτης είναι η κίνηση Brown. Τα μόρια εκπέμπονται σε συγκεκριμένους χρόνους και με αυτόν τον τρόπο γίνεται η κωδικοποίηση της πληροφορίας. Η κίνηση Brown εξασφαλίζει την κωδικοποίηση από τον πομπό στον δέκτη. Το μόρια μπορεί να μην φτάσουν στον δέκτη ακριβώς με την σειρά που

εστάλησαν. Αυτά τα χαρακτηριστικά προσδίδουν δυσκολία στο πως θα σταλεί χρήσιμη πληροφορία από τον πομπό στον δέκτη. Η ομάδα του Sachin Kadloor όμως επισημαίνει ότι η κίνηση Brown εισάγει μια αβεβαιότητα στον χρόνο επιστροφής των μορίων στον δέκτη την οποία μπορούν και να ποσοτικοποιήσουν. Η βασική σκέψη τους είναι ότι παρομοιάζουν την αβεβαιότητα αυτή, στην μοριακή επικοινωνία με τον θόρυβο στις συμβατικές επικοινωνίες. Σύμφωνα με τον Claude Shannon μπορεί να σταλεί μια πληροφορία θεωρώντας αυθαίρετα ότι θα υπάρχει ένα μικρό λάθος στην επικοινωνία αρκεί ο θόρυβος να είναι κάτω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο. (MIT Technology Review, 2010)

Όμως και τα τα δίκτυα νανοτεχνολογίας από ανόργανα υλικά θα έχουν και αυτά μεγάλη απήχηση σχεδόν σε κάθε τομέα της κοινωνίας μας. Η χρήση τους θα κυμαίνεται από την υγεία μέχρι την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος. Η επικοινωνία των νανοαισθητήρων με ηλεκτρομαγνητισμό είναι ακόμα μια πρόκληση για τους επιστήμονες. Παρόλο που υπάρχουν ήδη κάποιες συσκευές νανοτεχνολογίας αυτή την στιγμή δεν υπάρχει κάποιος ολοκληρωμένος νανοαισθητήρας. Η χρήση νέων νανουλικών για την δημιουργία νανοκεραιών, νανοπομπών, και νανοεπεξεργαστών μας υποχρεώνει στην χρήση του φάσματος των Terahertz σαν το φυσικό πεδίο λειτουργίας των νανοσυσκευών. Βασιζόμενοι σε αυτό και στις τεχνικές προδιαγραφές των νανοαισθητήρων οι επιστήμονες εξετάζουν το ενδεχόμενο να γίνεται χρήση παλμών διάρκειας κάτω του pico-second για την επικοινωνία στην νανοκλίμακα. Αυτό εισάγει ένα τεράστιο πεδίο μελετών. Για παράδειγμα το πώς θα κωδικοποιηθεί η πληροφορία με την χρήση τόσο σύντομων παλμών, το πώς θα γίνει η διαχείριση των καναλιών επικοινωνίας μεταξύ των νανοαισθητήρων ή το πώς θα είναι αξιόπιστη η επικοινωνία από άκρη σε άκρη ενός δικτύου νανοαισθητήρων. Σημαντικό ρόλο στην δικτύωση στη νανοκλίμακα θα παίξουν οι τομείς της πληροφορικής και των επικοινωνιών. Ωστόσο νέα μοντέλα και σχέδια νανοκεραιών, μοντέλα νανοκλιμακας που θα χρησιμοποιούν το φάσμα των Terahertz, η κωδικοποίηση και η διαμόρφωση ης πληροφορίας όπως και τα πρωτόκολλα στα νανοδίκτυα, είναι επίσης πεδία μελέτης των κλάδων της πληροφορικής και των επικοινωνιών, και από αυτούς τους τομείς αναμένεται και η εξέλιξη των νανοδικτύων. (Akyildiz & Jornet, 2010)

Τέλος είναι καλό να αναφερθεί ότι οι συμβατικές μέθοδοι δικτύωσης των παραδοσιακών δικτύων είναι ανεπαρκείς για την δικτύωση νανοαισθητήρων, νανορομπότ και νανοσυσκευών λόγω των περιορισμών του μεγέθους τους όπως επίσης και του μέσου όπου βρίσκονται οι συσκευές αυτές. Επιπλέον, η οπτική επικοινωνία δεν είναι δυνατή για αδιαφανή μέσα ούτε η ηλεκτρομαγνητική διάδοση είναι εφικτή σε ηλεκτρικά αγωγά υγρά. Νέες μέθοδοι πρέπει να διερευνηθούν για την αξιοποίηση του υπάρχοντος μέσου επικοινωνίας. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση μικρών ηχητικών εκρήξεων για την επικοινωνία μεταξύ αισθητήρων που βρίσκονται υγρά ή άλλα μέσα. Ένας ακόμα πολύ σημαντικός τομέας μελέτης είναι η διασύνδεση νανοσυστημάτων με τον μακρόκοσμο. (Oak Ridge National Laboratory, 2008)



Εικόνα 6.1 Σχηματική απεικόνιση ενός δικτύου νανοαισθητήρων/νανορομπότ (Oak Ridge National Laboratory, 2008)

Πολλή προσπάθεια πρέπει να γίνει για την εφεύρεση νανοσυσκευών δικτύωσης και επικοινωνίας. Παρατίθενται κάποια θέματα περαιτέρω έρευνας.

- Συσκευές εκπομπής και λήψης πληροφορίας: Αναζήτηση κατάλληλων συσκευών εκπομπής και λήψης.
- Χαοτική επικοινωνία: Ένα νέο παράδειγμα επικοινωνίας στο οποίο το εκπεμπόμενο σήμα είναι χαοτικό προσφέροντας μεγαλύτερη αποδοτικότητα, περισσότερα κανάλια, μεγαλύτερη ασφάλεια και μικρότερο κόστος.
- Βιομιμητική επικοινωνία: Το πεδίο έρευνας εδώ είναι η προσαρμογή των τεχνικών επεξεργασίας της πληροφορίας που χρησιμοποιούνται σε βιολογικά συστήματα (καρδιά/ μυαλό), για την ενίσχυση της ικανότητας της αίσθησης, της εκπομπής και λήψης της πληροφορίας. Συγκεκριμένα το θέμα είναι πως μπορούν τεχνητά νανοσυστήματα να μιμηθούν την επικοινωνία και την διασύνδεση βιολογικών συστημάτων.
- Υπολογιστικά εξαρτήματα: Η εύρενα για την επικοινωνία στην νανοκλίμακα θα απασχολήσει πολλές επιστήμες αφού χρειάζεται την συμβολή πολλών τομέων όπως η φυσική, η βιολογία τα μαθηματικά, τα ηλεκτρονικά, την οπτική και την επιστήμη των μαθηματικών. (Oak Ridge National Laboratory, 2008)

Κλείνοντας αυτή την εργασία, τονίζεται ότι το νέο πεδίο της επικοινωνίας σε επίπεδο νάνο, τώρα βρίσκεται στην θεωρητική του ανάπτυξη. Έχουν προταθεί πολλές διαφορετικές τεχνολογίες και μοντέλα καναλιών τα οποία τώρα μοντελοποιούνται. Υπάρχει ήδη πολλή θεωρητική μελέτη όσο αφορά τα πρωτόκολλα και την αρχιτεκτονική των δικτύων αυτών. Τέλος πρέπει να δημιουργηθούν πρότυπα προκειμένου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία αυτή και στην βιομηχανία. (Bush, S.F, 2010)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Akyildiz Ian F, & J.M. Jornet. (2010). Electromagnetic wireless nanosensor networks, Nano Communication Networks. doi:10.1016/j.nancom.2010.04.001
2. Akyildiz Ian F & J.M. Jornet. . (2010). The internet of things. The internet of nano-things. 1536-1284/10. Ανακτήθηκε από <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5675779>
3. Akyildiz Ian F., Fernando Brunetti & Cristina Blazquez. (2008). Nanonetworks: A new communication paradigm. doi:10.1016/j.comnet.2008.04.001
4. Akyildiz Ian F. Jornet, J. Pierobon, M. (2011). Nanonetworks: A New Frontier in Communications, Communications of the acm. doi :10.1145/2018396.2018417
5. Βικιπαίδεια. (2012). Νανοτεχνολογία. Ανακτήθηκε από <http://el.wikipedia.org>
6. Bush, S.F. (2010). Nanoscale communication networks. Norwood, United States of America:
7. Ieee Spectrum. (2012). The Truth About Terahertz. Ανακτήθηκε από <http://spectrum.ieee.org/aerospace/military/the-truth-about-terahertz>
8. Κονοφάος, Ν. (2011). Σημειώσεις μαθήματος Μέρος Α, Νανοτεχνολογία Σάμος, Ελλάδα: Πανεπιστημίου Αιγαίου.
9. Leeson, M. (2012). Communicating at the Nanoscale. University of Warwick, Coventry, United Kindom. Ανακτήθηκε από <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/staff/msl/>
10. MIT Technology Review. (2010). The Challenge of Molecular Communication. Ανακτήθηκε από <http://www.technologyreview.com>
11. Muhammad Yasir Siddique Anjum & Muhammad Ali Raza Anjum. (2010). Molecular communication for nanoscale communication networks. doi:10.1145/1943628.1943671
12. Nano Research Group Hellas. (2006). Λεξικό Νανοτεχνολογίας 2006. Ανακτήθηκε από <http://www.nano.gr>
13. Nano Research Group Hellas. (2006). Νανοτεχνολογία, Καπετανάκης Ηλίας 2006. Ανακτήθηκε από <http://www.nano.gr>

14. Northwestern University. (2005). How Small is Small? 2005. Ανακτήθηκε από <http://www.discovernano.northwestern.edu>
15. Oak Ridge National Laboratory. (2008). Nanoscale science engineering and technology (Πηγή πληροφοριών κεφάλαιο 9). Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory.
16. Peter Morters & Yuval Peres. (2008). Brownian Motion. Ανακτήθηκε από <http://www.stat.berkeley.edu/~peres/bmbook.pdf>
17. Tatsuya Suda, Michael Moore, Tadashi Nakano, Ryota Egashira & Akihiro Enomoto. (2005). Exploratory Research on Molecular Communication between Nanomachines. Ανακτήθηκε από <http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/nanos/papers/Suda2005.pdf>
18. Wikipedia. (2012). MAC_address. Ανακτήθηκε από <http://en.wikipedia.org>
19. Wikipedia. (2012). Molecule. Ανακτήθηκε από <http://en.wikipedia.org>
20. WTEC. (1999). Nanotechnology Research Directions: Vision for Nanotechnology in the Next Decade. Ανακτήθηκε από <http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Research.Directions/>