





UNIVERSITAT
CATALANA
D'ESTIU

UCE 2013 – Ciència i Tecnologia: Nanotecnologies, Ciència i Societat

El grafè i les seves aplicacions en l'àmbit de les Tecnologies de la Informació i les Comunicacions (TIC)

Josep Solé Pareta, Ignacio Llatser i Sergi Abadal
{pareta,llatser,abadal}@ac.upc.edu

18/08/2013
<http://www.n3cat.upc.edu>
1

Nanonetworking Center in Catalunya (N3Cat)



- N3Cat és un centre de recerca dins la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) <http://www.n3cat.upc.edu>
- Dedicat a la recerca en xarxes de comunicacions entre nano-dispositius

Multi-disciplinari:

```

graph TD
    A[Multi-disciplinari] --> B[telecomunicació]
    A --> C[informàtica]
    A --> D[biotecnologia]
    A --> E[nanotecnologia]
        
```

Multi-institucional:

```

graph TD
    A[Multi-institucional] --> B[UPC (Barcelona)]
    A --> C[Tampere University of Technology (Finlàndia)]
    A --> D[GeorgiaTech (EEUU)]
    A --> E[Koç University (Turquia)]
        
```

Multi-departamental:

```

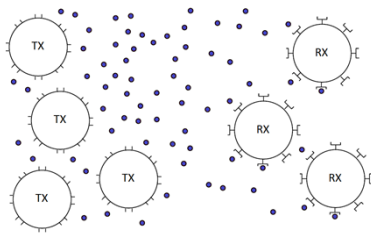
graph LR
    A[Multi-departamental] --> B[arquitectura de computadores]
    A --> C[enginyeria electrònica]
    A --> D[teoria del senyal i comunicacions]
        
```

18/08/2013
<http://www.n3cat.upc.edu>
2

Àmbit de recerca

Comunicacions moleculars

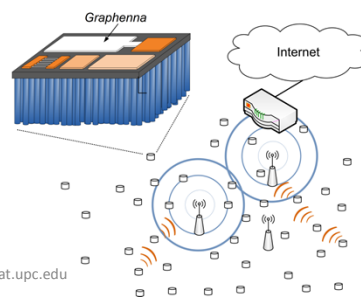
- Xarxes de comunicacions basades en elements biològics, com ara la interacció de molècules / cèl·lules



18/08/2013

Comunicacions electromagnètiques a escala nanomètrica

- Xarxes de nano-sensors sense fils
- Comunicacions en un xip
- Interconnexió de xips...

<http://www.n3cat.upc.edu>

3

Les comunicacions electromagnètiques a escala nanomètrica no és un problema trivial, però l'aparició del **GRAFÈ** les fa més assequibles

Vídeo: "Les mémoires de ferrite":

<http://www.youtube.com/watch?v=KfFZwmyXiMY>

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

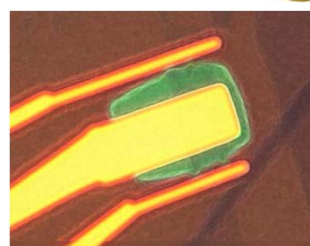
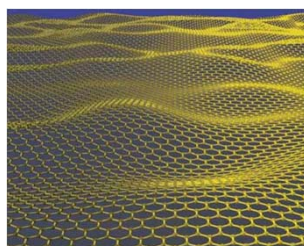
4

Grafè



● Grafè

- Capa de carboni monoatòmic (d'un sol àtom de gruix): bidimensional
- Xarxa cristal·lina en forma de niu d'abella: hexàgons entrelaçats
- André K. Geim i Kosta S. Novoselov, Nobel de física 2010
 - Varen aconseguir l'extracció de grafè a partir del grafit per primera vegada



● Video [“Del grafit al grafè”](#), de Roberto Macovez (UPC)

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

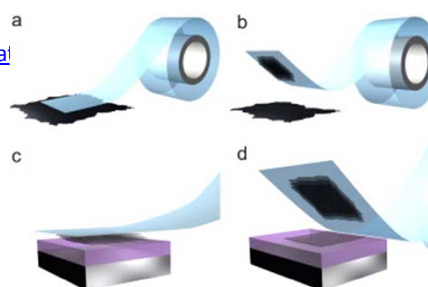
5

Grafè



● Descobriment del grafè

- Com es va aconseguir aïllar per primer cop grafè?
- Per exfoliació mecànica, o “mètode de la cinta adhesiva”
 - L'obtenció de grafè va valer un Premi Nobel!
- Vídeo : “Making graphene”
 - <http://www.youtube.com/watch?fea>



● El grafè és un material amb moltes propietats interessants

- Vídeo: [“Graphene Flagship”](#)

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

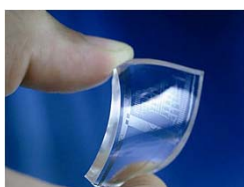
6

Grafè

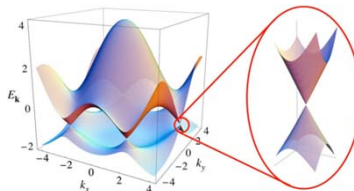
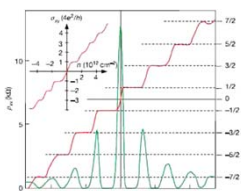


Quines són les propietats extraordinàries del grafè que han atret l'atenció d'investigadors al voltant del món?

- Material més prim i lleuger observat a la natura
- Més dur que el diamant
- Més resistent que l'acer (300 cops)
- Impermeable
- Transparent
- Extremadament flexible (pot prendre qualsevol forma)
- Molt millor conductor de l'electricitat que el coure



18/08/2013


<http://www.n3cat.upc.edu>


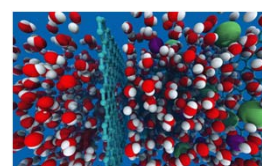
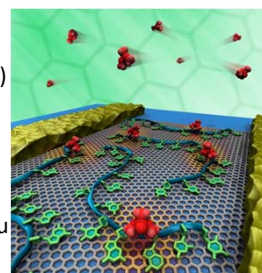
7

Grafè



Aquestes propietats fan que el grafè pugui ser de gran utilitat en múltiples àmbits de la ciència:

- Materials
 - Pantalles tàctils resistents i flexibles (sense ditades)
 - Estructures resistents i lleugeres (aeronàutica)
- Química
 - Sensors de gasos ultra-precisos
 - Neteja d'aigua contaminada per material radioactiu
 - Dessalinització d'aigua
 - Destil·lació d'alcohol a temperatura ambient
- Bio-medicina
 - Detecció de bacteris
 - Seqüenciació de l'ADN



18/08/2013

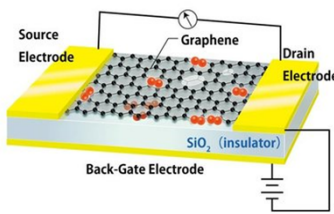
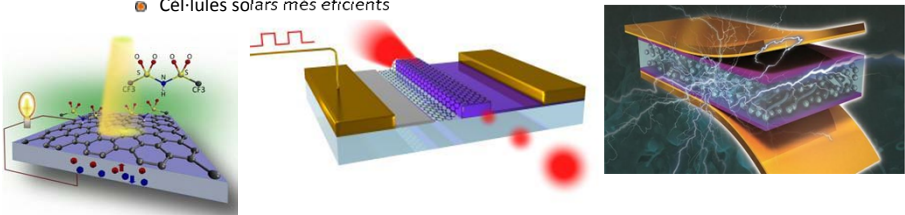
<http://www.n3cat.upc.edu>

8

Grafè

UNIVERSITAT CATALANA D'ESTIU

- Nano-electrònica
 - Transistors i circuits integrats ultra-ràpids
 - Super-condensadors (bateries)
 - Efecte piezoelèctric a la nano-escala
- Nano-òptica
 - Nano-làzers
 - Moduladors òptics
 - Cèl·lules solars més eficients

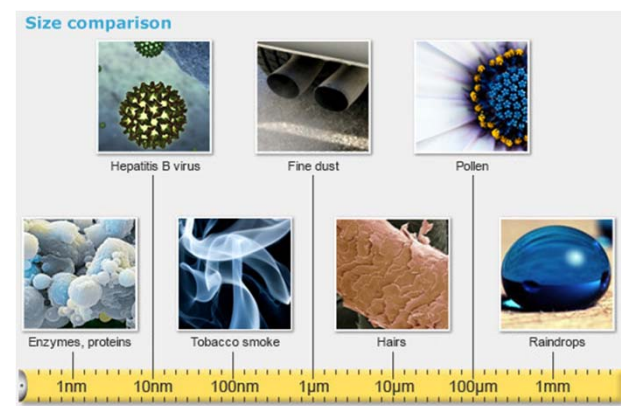
- Tecnologies de la informació i les comunicacions
 - Xarxes de comunicacions a escala nanomètrica
- Video: "The Graphene flagship"
 - http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=3CoPVmWKral

18/08/2013 <http://www.n3cat.upc.edu> 9

Comunicacions a escala nanomètrica

UNIVERSITAT CATALANA D'ESTIU

- Definició de nanodispositiu: dispositiu format per components la dimensió dels quals és de l'ordre dels nanòmetres
- Vídeo: "What nano means?"



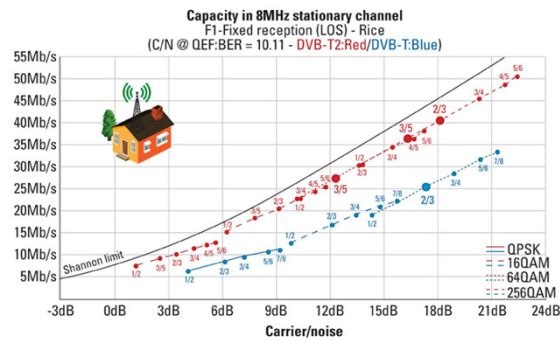
18/08/2013 <http://www.n3cat.upc.edu> 10

Comunicacions a escala nanomètrica



- La pregunta és llavors, a una escala tan petita... són vàlids els paradigmes de les comunicacions convencionals?
- Capacitat de transmissió (teorema de Shannon)

$$C = BW \times \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$



Assumpcions:

- Soroll additiu, blanc i gaussià
- Guanys constants de transmissor i receptor
- Canal de banda estreta

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

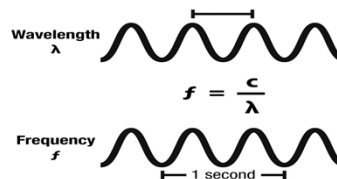
11

Comunicacions a escala nanomètrica



Relació entre freqüència i longitud d'ona

- En una antena metàl·lica:



- En una antena de grafè:

$$\frac{1}{\sqrt{\beta^2 - \frac{\omega^2}{c^2}}} + \frac{\epsilon}{\sqrt{\beta^2 - \epsilon \frac{\omega^2}{c^2}}} = -i \frac{\sigma(\omega)}{\omega \epsilon_0}$$

ϵ : constant dielèctrica del substrat
 ϵ_0 : constant dielèctrica del buit
 β : número d'ona
 ω : freqüència angular
 c : velocitat de la llum
 $\sigma(\omega)$: conductivitat del grafè

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

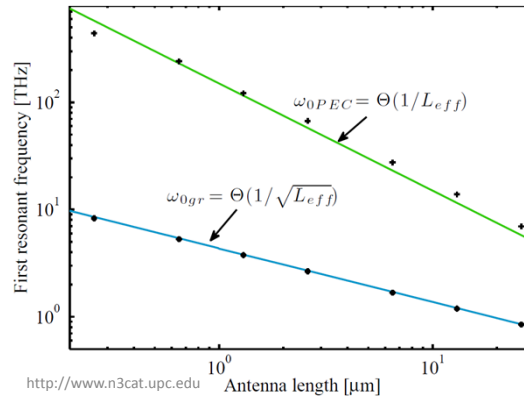
12

Comunicacions a escala nanomètrica



- Com a conseqüència, la relació entre la freqüència de ressonància d'una antena i la seva mida és diferent en antenes de grafè (línia blava) i antenes metàl·liques (línia verda)

- Les antenes de grafè presenten millors condicions d'escalabilitat que les metàl·liques: a mesura que la seva mida es redueix, la freqüència de ressonància augmenta més lentament



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

Comunicacions a escala nanomètrica



- Així doncs, un dels temes a resoldre és la reformulació dels criteris que es fan servir pel disseny d'antenes metàl·liques
- L'altre tema és, un cop sapiguem dissenyar i construir antenes de grafè "Graphennas", quines aplicacions tindran?
- Dos exemples de l'aplicació de les comunicacions via ràdio a escala nanomètrica, i dos dels temes de recerca que estem abordant a l'N3Cat) són:
 - Les xarxes de nano-sensors
 - Les comunicacions en un xip

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

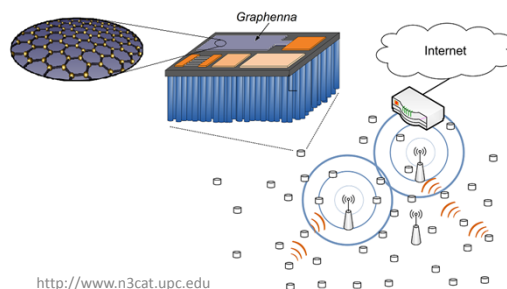
14

La nostra recerca: xarxes de nano-sensors sense fils



● Nano-sensors

- Nanodispositius d'una dimensió de uns quants (pocs) micròmetres
- Capacitat de mesurar, processar i emmagatzemar informació
- I de recol·lectar l'energia que necessita per fer tot això (*energy harvesting*), per exemple amb nanofil·ls de zinc
- Equipats amb antenes de grafè per comunicar-se (via ràdio) amb d'altres nan-sensors



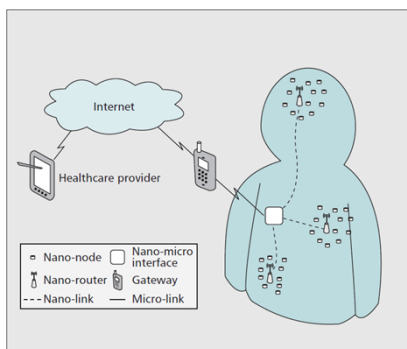
18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

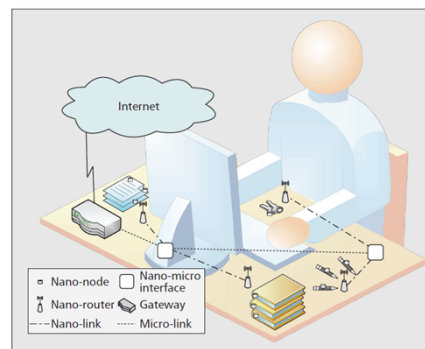
La nostra recerca: xarxes de nano-sensors sense fils



● Algunes aplicacions de les xarxes de nano-sensors:



Sistema de detecció de malalties i administració cooperativa de medicaments (Intrabody networks)



Internet de les nano-coses (Internet of nano-things)

● [Vídeo "Guardian Angels"](#)

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

16

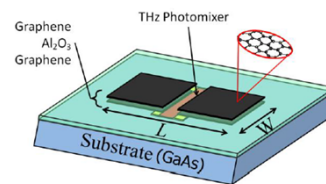
La nostra recerca: xarxes de nano-sensors sense fils



- És a dir que el disseny de xarxes de nan-sensors, amés de la construcció de

- Nano-antenes de grafè (graphennas)

- Com afecten les propietats del grafè al disseny de **graphennas**?
 - Diferències respecte antenes metàl·liques



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

17

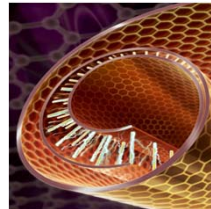
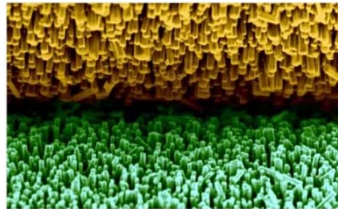
La nostra recerca: xarxes de nano-sensors sense fils



- Plantegen d'altres reptes, com ara la

- Provisió d'energia (alimentació)

- Bateria petites → molt poca autonomia
 - Cal recol·lectar energia de l'entorn (*energy harvesting*)



- El control d'accés al medi dels diversos sensors per a que no s'interfereixin

18/08/2013

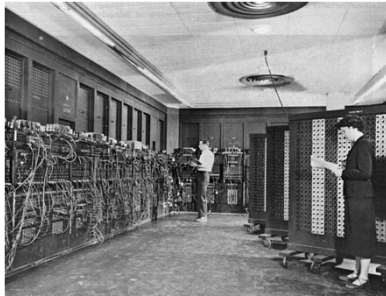
<http://www.n3cat.upc.edu>

18

La nostra recerca: comunicacions en un xip

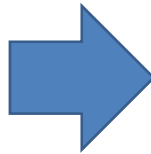


● Comunicacions en un xip



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

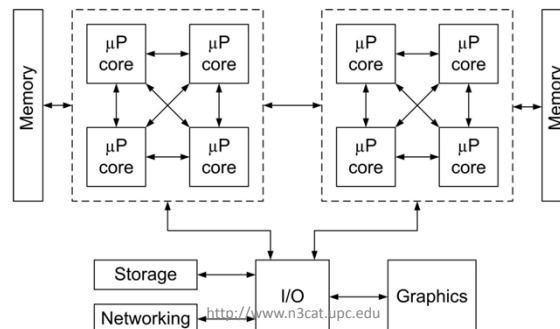


19

La nostra recerca: comunicacions en un xip



- Abans, els dispositius comptaven amb un nombre reduït de grans components, integrats o no en la mateixa placa.
- Ara és habitual tenir diversos blocs especialitzats en fer una tasca integrats en una mateixa placa
 - Un cas particular és la unitat de procés (la que fa els càlculs), on la tendència es dividir-la en molts processadors idèntics



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

20

La nostra recerca: comunicacions en un xip



- Abans, com que el nombre de components i la seva velocitat de transmissió requerida era reduïda, n'hi havia prou amb comunicar-los mitjançant fils
- Ara, les necessitats de comunicació estan augmentant exponencialment, tant en quantitat com en velocitat
 - Han de transmetre moltes dades (10.000 vegades més que un ADSL)
 - Ho hem de fer amb sistemes de comunicació que ocupin MOLT poc espai
 - I amb sistemes de transmissió que consumeixin molt poc
- No podem fer-ho només amb fils
 - Necessitem comunicacions sense fils en un xip (Wireless Network-on-Chip)

18/08/2013

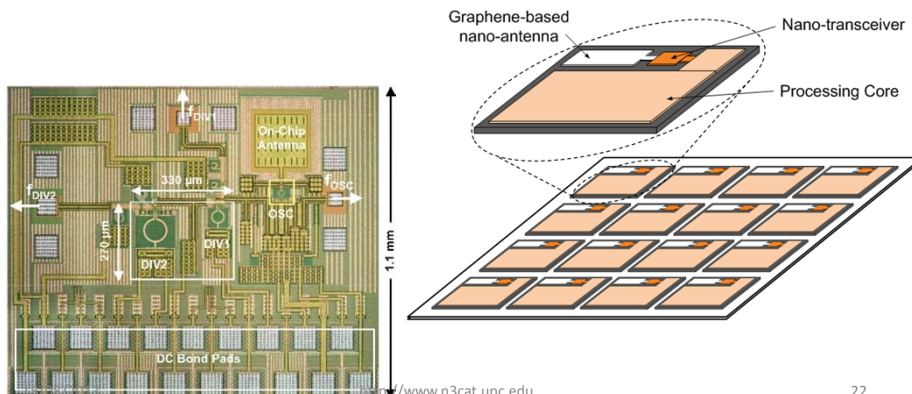
<http://www.n3cat.upc.edu>

21

La nostra recerca: comunicacions en un xip



- Comunicacions sense fils en un xip
 - Centenars de processadors en un mateix xip
 - Antenes per comunicació interna
 - **Resultat:** un processador ultra-potent

www.n3cat.upc.edu

22

La nostra recerca: comunicacions en un xip



● Per aconseguir-ho, cal superar certs reptes:

- **Circuits:** necessitem circuits simples optimitzats en l'espai que ocupen i en l'energia que consumeixen
- **Xarxes:** la introducció de nous tipus emissors i receptors (les antenes de grafè) i un nou entorn/condicions (distàncies molt curtes, energia molt limitada) ens obliga a pensar ben bé els *protocols de comunicació*
 - Codis: quina «llengua» parlaran
 - Control d'accés: com s'ho faran per no parlar tots a la vegada i xafar-se entre ells
- **Processadors:** tenir molts petits processadors i comunicacions sense fils en un xip ens "allibera" i ens obre un món de possibilitats per a poder fer processadors més potents

18/08/2013

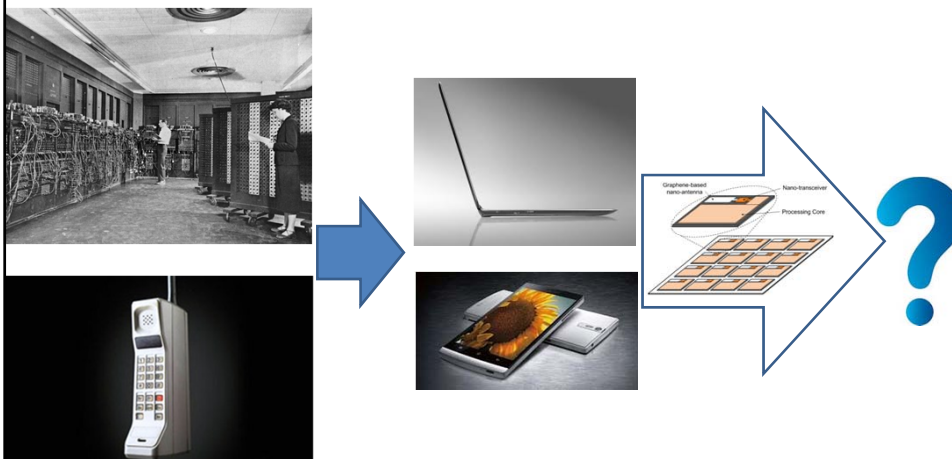
<http://www.n3cat.upc.edu>

23

La nostra recerca: comunicacions en un xip



● ... i amb tot això, on podem arribar?



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

24

Cap al futur de la ma del grafè: un exemple



● L' **smartphone** del futur

- Quines funcionalitats tindrà?



● Vídeo "Nokia Morph Concept"

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

25

Cap al futur de la ma del grafè: un exemple



● L' **smartphone** del futur

- Pantalla flexible i plegable
- Materials repel·lents d'aigua (hidrofòbics)
- Capacitat de canviar de forma i color
- Multitud de sensors
- Recol·lecció d'energia (energy harvesting)
- Interfície hàptica



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

26

Referències



- Akyildiz, I. F., Jornet, J. M., and Pierobon, M. "Nanonetworks: A New Frontier in Communications," Communications of the ACM, vol. 54, no. 11, pp. 84-89, November 2011.
- I. Llatser, C. Kremers, A. Cabellos-Aparicio, J. M. Jornet, E. Alarcón and D. N. Chigrin, "Graphene-based Nano-patch Antenna for Terahertz Radiation", Photonics and Nanostructures - Fundamentals and Applications, vol. 10, no. 4, pp. 353-358, May 2012.
- Abadal, S., Cabellos-Aparicio, A., Lázaro, J. A., Alarcón, E., Solé-Pareta, J., "Graphene-enabled hybrid architectures for multiprocessors: bridging nanophotonics and nanoscale wireless communication," in Proceedings of the International Conference in Transparent Optical Networks (ICTON), July 2012.
- Vídeo "Del grafit al grafè", de Roberto Macovez:
<http://tv.upc.edu/continguts/del-grafit-al-grafe-una-nova-era-tecnologica-basada-en-el-carboni>
- What is Graphene : <http://www.graphene-flagship.eu>
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=dTSnIIiTsVg
- The Graphene Flagship project: <http://www.graphene-flagship.eu>
http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=3CoPVmWKral
- What nano means: <http://www.youtube.com/watch?v=Dxq-ffp3iqA>
- Guardian Angels Flagship: www.ga-project.eu
- Nokia Morph Project: <http://research.nokia.com/morph>
http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=Zto6aTZM9t0
- ...més coses per llegir a <http://www.n3cat.upc.edu/publications>

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

27



N3Cat

UCE 2013 – Ciència i Tecnologia: Nanotecnologies, Ciència i Societat



El grafè i les seves aplicacions en l'àmbit de les Tecnologies de la Informació i les Comunicacions (TIC)

Josep Solé Pareta, Ignacio Llatser i Sergi Abadal

{pareta,llatser,abadal}@ac.upc.edu

18/08/2013

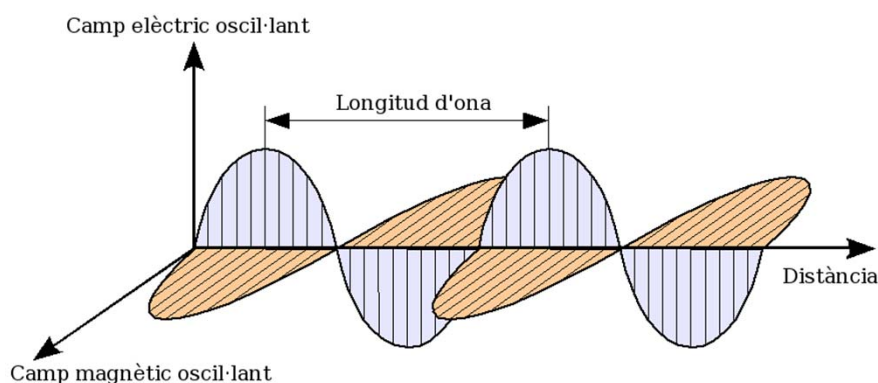
<http://www.n3cat.upc.edu>

28

Documentació addicional



La **ràdio** és la transmissió de senyals mitjançant la modulació d'ones electromagnètiques amb freqüències per sota de les de la llum visible. La radiació electromagnètica es propaga per mitjà de campes electromagnètics oscil·lants que travessen l'aire i el buit de l'espai. [Viquipèdia]



18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

29

Documentació addicional



L'objectiu de les **comunicacions moleculars** és desenvolupar un nou paradigma de comunicació que permeti comunicar nanomàquines / nandispositius mitjançant la utilització de sistemes / components biològics.

Això inclou crear equips de comunicació de dimensions nanmètriques fent ús dels mecanismes d'interacció de les cèl·lules existents dins del cos humà. Usar els fluids de cèl·lules com s'usen els camps electromagnètics per a la transmissió via ràdio

L'ús d'aquest nou paradigma de la comunicació podria donar lloc, en el futur, a una gran quantitat de noves aplicacions, essent-ne l'exemple més obvi el sector de la sanitat on avui s'estan fent grans esforços per trobar noves vies per a l'administració de fàrmacs o la detecció / prevenció de malalties

18/08/2013

<http://www.n3cat.upc.edu>

30