African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 3, Issue 3, 2024, Page No: 342-353
Website: *https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index*
معامل التأثير العربي 2023: (1.55) **SJIFactor 2023: 5.689** **ISI 2022-2023: 0.557**
Special issue: First Libyan Conference on Technology and Innovation (LCTI-2024), Benghazi, Libya

تكنولوجيا النانو في مجال هندسة الاتصالات والمعلومات (القضايا والتطبيقات وإمكانيات المستقبل)

أبوبكر صالح نصر [1*]، عبد القادر حسين الشريف [2]، فتحي بن كوره [3]
[1] قسم التقنية الالكترونية، كلية التقنية الهندسية زوارة، زوارة، ليبيا
[2] قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية، كلية العلوم التقنية سبها، سبها، ليبيا
[3] قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية، المعهد العالى للعلوم والتقنية الزاوية، الزاوية، ليبيا

Nanotechnology in the Field of Communications and Information Engineering, Issues, Applications and Future Possibilities

Abobkr Saleh Nasr [1 *], Abdulgader Alsharif [2], Fathi Benkura [3]
[1] Department of Electronic Technology, College of Engineering Technology, Zuwara, Zuwara, Libya
2 Department of Electrical and Electronic Engineering, Sebha College of Technical Sciences, Sebha, Libya
[3] Department of Electrical and Electronic Engineering, Higher Institute of Science and Technology, Al-Zawiya, Al-Zawiya, Libya

[*]Corresponing Email: Abobkernaser1672@gmail.com

Received: March 01, 2024	Accepted: May 05, 2024	Published: May 30, 2024

الملخص

تعد تكنولوجيا النانو ثورة علمية لا تقل في اهميتها عن الثورات الصناعية الاخرى كثورة الآلات وثورة التكنولوجيا كثورة الاتصالات والانترنت والفضاء وتطور ملحوظ في جميع المجالات والعلوم ،فما سوف تقدمه تقنية النانو سيمكن الانسان من صنع كل ما يريد بتكلفة اقل وجوده عالية ،وستتغير به معالم الحياة من تقدم علمي الى حد قد لا نتصوره الان ، حيث قال أحد العلماء ان ما سيتم تحقيقه بواسطة هذه التكنولوجيا سوف يعادل او يتجاوز ما تم تحقيقه من الابحاث منذ بدء الخليقة. تعد تكنولوجيا النانو الجيل الخامس في عالم الالكترونات والذي سبقه الجيل الاول الذي اسس علم المصباح الالكتروني بما في ذالك التلفزيونات، والجيل الثاني والذي استخدم الترانزستور والجيل الثالث الذي اسس الدوائر المتكاملة، ومن بعده الجيل الرابع باستخدامه للمعالجات الدقيقة التي احدثت تطور هائل في علم الالكترونات الذي نتج عنه الحاسبات الصغيرة والرقائق السيلكونية والتي اسهمت بدورها في احداث تقدم سريع في المجالات العلمية والصناعية.

الكلمات المفتاحية: تكنولوجيا النانو، الاتصالات والانترنت، الجيل الخامس، الرقائق السيلكونية.

Abstract

Nanotechnology is a scientific revolution no less important than other industrial revolutions, such as the machine revolution, and the technology revolution, such as the communications revolution, the Internet, and space, and a remarkable development in all fields and sciences. What nanotechnology will provide will enable people to make everything they want at a lower cost and with a high quality and will change the features of life from Scientific progress to an extent that we may not imagine now, as one scientist said what will be achieved by this technology will equal or exceed what has been achieved through research since the beginning of creation. Nanotechnology is the fifth generation in the world of electronics, which was preceded by the first generation, which established the science of the electronic lamp, including the fourth television, the second generation, which used the transistor, the third generation, which established integrated circuits, and after it, the fourth generation, with its use of

microprocessors, which brought about a tremendous development in the science of electronics that resulted. Microcomputers and silicon chips, which in turn contributed to rapid progress in the scientific and industrial fields.

Keywords: Nanotechnology, communications and the Internet, fifth generation, silicon chips.

المقدمة

اشتق اسم تكنولوجيا النانو او تكنولوجيا متناهية الصغر او هندسة المنتجات متناهية الصغر من اسم النانو متر كوحدة قياس تساوي واحد من مليار من المتر، اي جزء من ألف مليون جزء من المتر، وللتقريب هي مسافة ارفع بثمانين مرة من قطر شعرة الانسان، وكلمة نانو مشتقة في الاصل من الكلمة الاغريقية نانوس التي تعني القزم الصغير [1].

من المتوقع أن يتم بناء الأجيال القادمة من أنظمة الاتصالات في وحدات تكنولوجيا النانو ، خاصة في مجالات الإلكترونيات والعمليات التفاعلية. بالنسبة لأنظمة الاتصالات المتنقلة، يتم استخدام تطبيق علم النانو لجعل عملية التحكم بمقياس نانومتر والذي سيكون في نطاق النانوي. تُعرف تقنية النانو بتقنية النانو الجزيئية (MNT)، وهي تمثل الذرة بالذرة والجزيء عن طريق التحكم في بنية المادة على أساس الجزيء. إن تأثير شبكة الهاتف المحمول والشبكة الأساسية معًا في وضع تشغيل لتقنية النانو بالإضافة إلى الكمال في الأمان والتأثير الأفضل على المستشعر يجعل تقنية النانو التكنولوجيا الأكثر أهمية في هذه المجالات [2].
هناك مشكلة أخرى في نظام اتصالات يعتمد على تقنية النانو وهي اكتشاف مواد جديدة على مقياس طول نانومتر يتوقع أن تلعب دورًا مهمًا في التحديات المستقبلية في مجال أنظمة الاتصالات مثل الأجهزة فائقة السرعة لروابط الاتصالات طويلة وقصيرة المدى وأجهزة الحوسبة الموفرة للطاقة والذاكرة عالية الكثافة والمنطق والوصلات فائقة السرعة[3].

كما أن استخدام الجزيئات، بدلاً من الموجات الكهرومغناطيسية أو الصوتية، لتشفير ونقل المعلومات يمثل نموذج اتصال جديدًا يتطلب حلولًا جديدة مثل أجهزة الإرسال والاستقبال الجزيئية أو الجزيئية في الأجهزة النانوية نظرًا لحجمها ومجال عملها. تكون أجهزة الإرسال والاستقبال هذه قادرة على التفاعل مع جزيئات معينة وإطلاق أخرى كرد فعل بعد إجراء نوع من المعالجة. طبقت التطورات الحديثة في الإلكترونيات الجزيئية والكربون جيلًا جديدًا من مكونات النانو الإلكترونية مثل بطاريات النانو، وذاكرة النانو، والدوائر المنطقية في المقياس النانوي، وحتى الهوائيات النانوية [4].

نركز في هذه الورقة على قضايا تكنولوجيا النانو في هندسة الاتصالات ونقدم أيضًا مراجعة للتطبيقات واشكالها في أنظمة الاتصالات، وتوفر التقنيات المستقبلية في مجال الاتصالات القائمة على تكنولوجيا النانو. يتم تنظيم الورقة على النحو التالي تاريخ تقنية النانو تطورها تفاصيل حول العديد من القضايا المتعلقة بتقنية النانو في أنظمة الاتصالات النانوية ومراجعة لأهم تطبيقات تكنولوجيا النانو المستخدمة في مجال أنظمة الاتصالات. أخيرًا، ستتم مناقشة الاحتمالات المستقبلية لتقنية النانو في أنظمة الاتصالات .

تكنولوجيا النانو: تعريفها وتاريخها

قبل ظهور هذه التكنولوجيا كانت تكنولوجيا الميكرو هي المستخدمة في تصنيع الشرائح الالكترونية التي استخدمت في صناعة العديد من الاجهزة الدقيقة. ثم جاءت تكنولوجيا النانو لتحل محل الميكرو والتي مكنت العلماء من صناعة اجهزة كهروميكانيكية نانونية صغيرة الحجم أدى إلى تحسين أداء تلك الاجهزة بصورة واضحة.

تم تطوير تقنية النانو لأول مرة في عام 1965، وهي تتكون من معالجة المواد وفصلها وتوحيدها وتشويهها بواسطة ذرة واحدة أو بجزيء واحد. إنه تصنيع أجهزة بمقياس يتراوح من 1 إلى 100 نانومتر. يمكن تقسيم علم النانو إلى ثلاث مجالات واسعة، الهياكل النانوية، التصنيع النانوي، والتوصيف النانوي مع تطبيقات نموذجية في الإلكترونيات النانوية، وعلوم الحياة، والطاقة [5].

ستمكّن تقنية النانو الشركات المصنعة من إنتاج شرائح وأجهزة استشعار أصغر حجمًا وأسرع وأكثر كفاءة في استخدام الطاقة وأرخص في التصنيع من نظيراتها في الوقت الحاضر. أصبحت المستشعرات الميكانيكية الدقيقة أيضًا جزءًا أساسيًا من تقنيات السيارات في منتصف عام 1990، وبعد ما يقرب من عشر سنوات، أصبحت المزيد من المستشعرات الميكانيكية الدقيقة المصغرة تتيح ميزات جديدة للإلكترونيات الاستهلاكية والأجهزة المحمولة. في غضون السنوات العشر القادمة ، سيصبح تطوير أجهزة الاستشعار المدمجة بالفعل القائمة على الهياكل النانوية جزءًا من بيئاتنا الذكية اليومية [6].

في أنظمة الاتصالات، تتطلب الأجهزة المحمولة ذات المستوى العالي طريقة ذكية لتقنيات الاستشعار والحوسبة والاتصالات عند التفاعل مع البيئات البشرية الأخرى مثل المنازل والمكاتب والأماكن العامة خاصة عندما تصبح هذه الأجهزة أنظمة مدمجة . المتطلبات الأساسية لهذا النوع من ذكاء الأجهزة المحمولة هي أن الأجهزة يجب أن تكون مستقلة وقوية ، ويمكن نشرها بسهولة ، والبقاء دون إدارة أو متابعة صريحة، كما أن تنقل هذه الأجهزة يعني أيضًا حجمًا محدودًا وقيودًا على استهلاك الطاقة [7].

اجيال تكنولوجيا النانو:

من التعاريف السابقة يمكننا اعتبار تكنولوجيا النانو بانها هي تكنولوجيا التصميم والانتاج لبنى الاجهزة والأنظمة المختلفة وذالك لقدرتها على تصغير المواد والاشياء بالتعامل مع الجزيئات متناهية الصغر ، وبذلك تمكن العلماء من تقسيمها الى اجيال كما يأتي:

1-جيل تكنولوجيا النانو المؤثر Nanotechnology Generation Passive

يتضمن هذه الجيل الانتاج الاول للعديد من المنتجات المختلفة والتي يمكن اعتبار البدء فيها منذ عام 2001م ،مثل ملطفات الجو والمنتجات المتطايرة والمعادن بنائية النانو والبولميرات والسيراميك عالي التكنولوجيا [1].

2- جيل تكنولوجيا النانو الفعالة Nanotechnology Generation active

بدء العمل بهذا الجيل منذ 2005م ،وقد اشتمل على المنتجات الحيوية مثل الادوية الحساسة والمنتجات الدقيقة الجيوفيزيائية الفعالة مثل الترانزستور.

3- **جيل انظمة النانو Nanotechnology Generation of systems**

تعرف ايضا باسم نظام نانو ثلاثي الابعاد والتي اعتمد العمل بها منذ2010 ، ويشمل الاجهزة المتطورة والدقيقة مثل الروبوتات الطبية .

4- **جيل انظمة النانو الجزيئية Nanotechnology Generation Molecular**

هي حالة تمثل حالة متقدمة وتحتاج الى المزيد من البحث والتقصي، كما انها تناسب المتطلبات الدقيقة للإنسان، مثل الاجهزة فعالية المنشأ والتي تحاكي انظمة الانسان الحيوية وذات التصميم النووي Atomic Designويمكن اعتماد البدء بها نظرا لدقة تطورها خلال الاعوام 2015-2020 م [8].

مصطلحات تكنولوجيا النانو

جدول1: مصطلحات تكنولوجيا النانو

المصطلح بالإنجليزي	المصطلح بالعربي	معنى المصطلح
Nanoscale	مقياس النانو	مقياس يستخدم لقياس وحساب ابعاد تتراوح بين 0.1 الى 100 نانو متر
Nanoscience	علم النانو	علم يهتم بالمواد في مستواها الذري والجزيئي بمقياس لا يتعدى 100 نانو مير وهو علم يهتم ايضا باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لهذه المواد النانونية.
Nanowires	اسلاك النانو	هى اسلاك متناهية الصغر في ابعاد النانو لها تركيب ذو بعد واحد ولها خصائص كهربائية وضوئية مذهلة وهي البنية الاساسية لبناء اجهزة النانو
Nanotubes	انابيب النانو	هي عبارة عن انابيب اسطوانية من ذرات ذات بعد واحد مرتبة ولها خصائص فيزيائية مميزة كانابيب الكربون النانونية.
Nano shells	صدفات النانو	هي جسيمات في ابعاد النانو تكون كطبقة تحيط بمواد شبه موصلة لها القدرة على تشتيت الضوء باي طول موجي
Nanocantilevers	الرقائق الذهبية	تسمى بروتينات الارتباط وهي ادسام مضادة تتحد معا لتكون حزم متضاعفة

خواص المواد النانوية

1-الخواص الميكانيكية:

ترتفع قيم الصلابة للمواد الفلزية وسبائكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة إجهادات الاحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذ ارتها، تكتسب المواد المزيد من المتانة والمرونة وهي صفة تجعل من خلق انواع جديدة امرا ممكنا.

1- درجة الانصهار:

تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير أبعاد مقاييس حبيباتها فمثالً درجة انصهار الذهب هي 1064 درجة مئوية ،فاذا قمنا بإنقاص أقطار حبيبات الذهب، فإن درجة الانصهار تنقص حوالي 500 درجة مئوية [1].

2- الخواص المغناطيسية:

تعتمد قوة المغناطيس اعتمادا كلياً على مقياس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس، وكلما صغر حجم الجسيمات النانوية وتزايدت مساحة أسطحها الخارجية ووجود الذرات على تلك الأسطح كلما زادت قوة المغناطيس وشدته[9].

3- الخواص الكهربائية:

إن صغر أحجام حبيبات المواد النانوية يؤثر إيجاباً على خواصها الكهربائية حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي، حيث تستخدم المواد النانوية في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية في الأجهزة الحديثة وهي ذات مواصفات تقنية عالية [10].

4- الخواص الكيميائية:

إذا كانت الجسيمات النانوية متجانسة وبنفس الحجم فإن تفاعله يزداد [11].

5- الخواص البيولوجية:

نظرا للقدرة التي تتميز بها المواد النانونية على النفاذ والاختراق للموانع والحواجز البيولوجية سيسهل ذلك وصول العلاج للأغشية والاوعية الدقيقة مما يساعد على سرعة تعافي المرضى .

6- الخواص البصرية

اضافة الى ما سبق شرحه من الخواص المهمة التي تتميز بها المواد النانوية .فقد استحوذت تلك المواد على اهتمام الباحثين والعلماء العاملين في مجال البصريات وذلك نظرا الى الخواص غير المسبوقة التي تمتلكها تلك المواد ،حيث تختلف في خواصها البصرية عن نظائرها من المواد التقليدية كبيرة الحبيبات.

ومن المثير للدهشة امتداد تأثير حجم الحبيبات الى تغيير الخواص البصرية للمادة ومنها التشتت او التكسير الضوئي لسطح المادة .فعلى سبيل المثال فأن اللون المعروف لحبيبات الذهب النقي التي تزيد اقطارها عن200 نانومتر هو اللون الذهبي الاصفر الذي نعرفه لكن اذا ما تم تصغير هذه الحبيبات الى اقل من 20 نانومتر ،فأنها تكون عديمة اللون (شفافة) ومع زيادة تصغير الحبيبات تظهر الحبيبات بألوان مختلفة من الاخضر الى البرتقالي ثم الاحمر ، وذلك وفقا لمقاييس ابعاد اقطارها .وينعكس تصغير احجام حبيبات الذهب على قدرة تلك الحبيبات لمقاومة التكسير الضوئي وجمعها بين انبعاث طيفي ضيق المدى وطيف استثارة واسع المد[12].

ويعد مجال الالكترونيات والبصريات أحد اهم المجالات التطبيقية الخاصة بالمواد النانوية التي تجمع في خواصها صفات بصرية وقدرة فائقة على التوصيل الكهربي ،حيث تستخدم هذه المواد في صناعة الشاشات عالية الدقة فائقة التباين ونقاء الالوان ،مثل شاشات التلفاز والحاسبات.

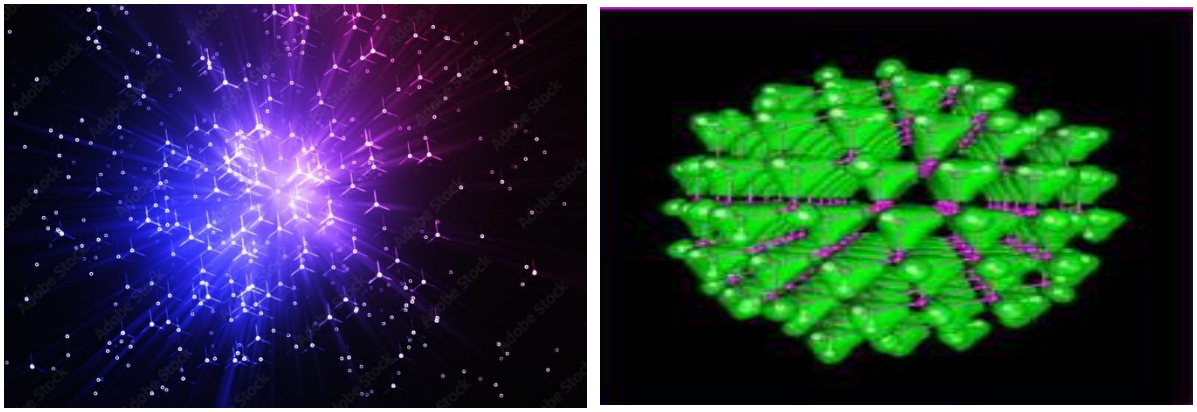
أشكال المواد النانوية

للمواد النانوية أشكالا متعددة، لكل شكل منها تركيب وخصائص ومقاييس تختلف عن غيرها ولكل منها استخدامات مميزة أيضا، ويمكن تصنيف المواد النانوية حسب الشكل إلى:

1 - النقاط الكمية (Quantum Dots)

هي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح بين 2 و 10نانومتر، وهذا يقابل 50 – 10 ذرة في القطر الواحد، و 100000 - 100 ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة.

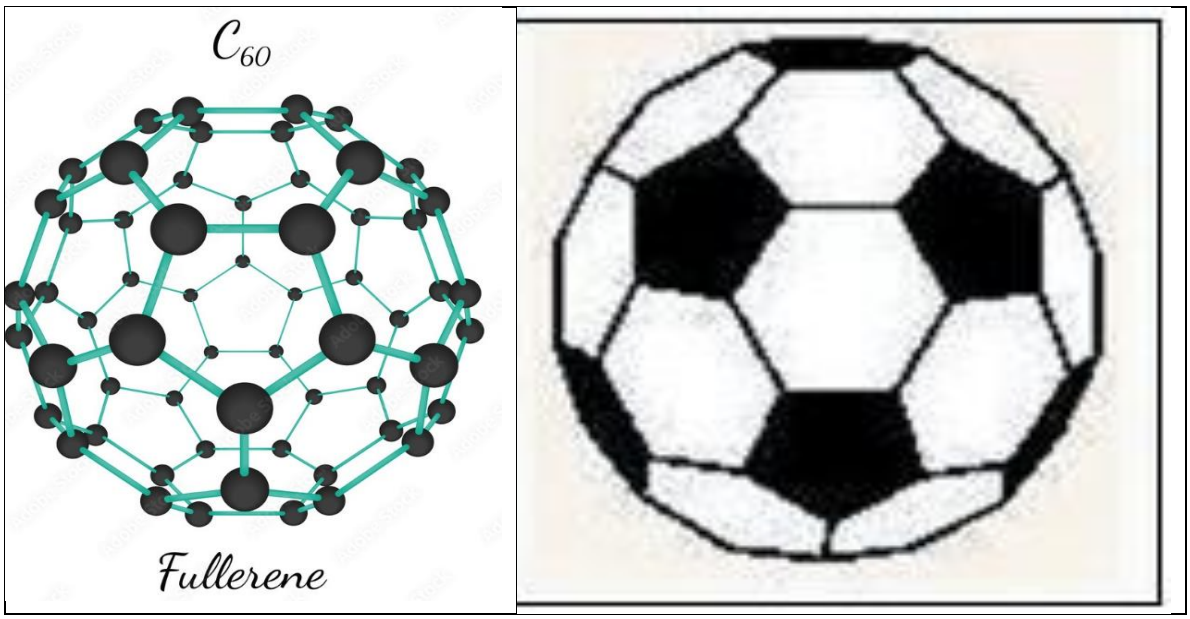
وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر فإنه إذا رصفنا 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض نحصل على طول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان[13].



شكل 1: النقاط الكمية.

2- الفولورين (Fullerene)

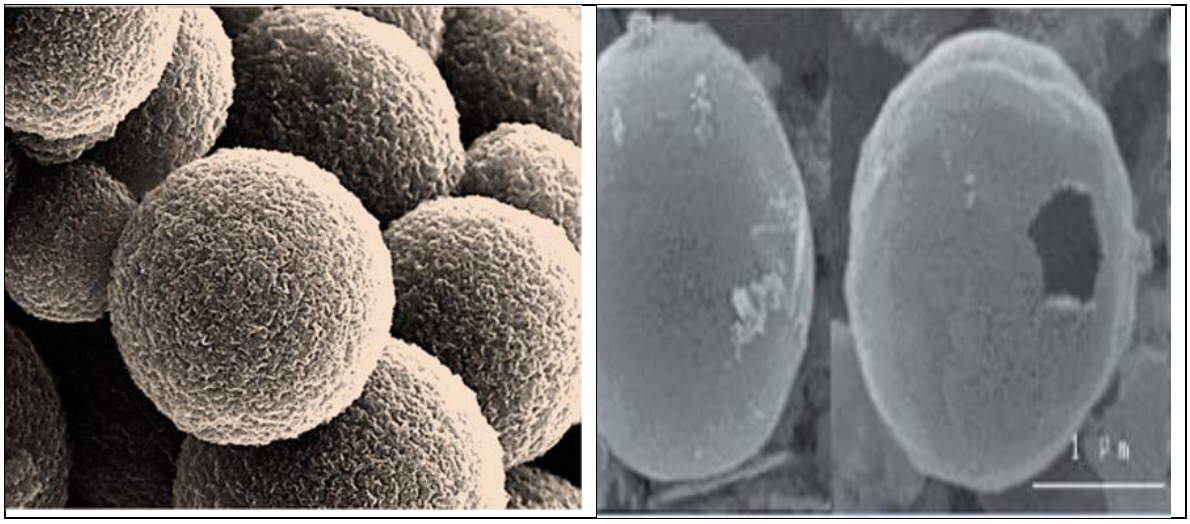
تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من 60 ذرة كربون ورمز لها بالرمز60C ، وقد اكتشف عام . 1985 إن جزيء الفولورين كروي يشبه كرة القدم المنقطة كما في الشكل أدناه .وهو يحضر منذ اكتشافه وحتى الآن بكميات تجارية، وقد سمي بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري" بكمنستر فولر ."وقد نشأ فرع كيمياء جديد يسمى الفولورين حيث عرف أكثر من 9000 مركب فولورين منذ عام 1997وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات ومنها المركبات 60C3K و 60C2RbCsالتي ابدت توصيلية فائقة، كما اكتشفت أشكال أخرى منها كالفولورين المخروطي والأنبوبي والكروي[14].



شكل 2: الفولورين.

3- الكرات النانوية (Nano balls)

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفولورينات من مادة C_{60} ولكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث إنها متعددة القشرة، كما أنها خاوية المركز .والكرات النانوية لا يوجد على سطحها فجوات وبسبب أنا تركيبها يشبه البصل فقد سماها العلماء(البصل ,)وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى 500 نانومتر أو أكثر[15].



شكل 3: الكرات النانوية.

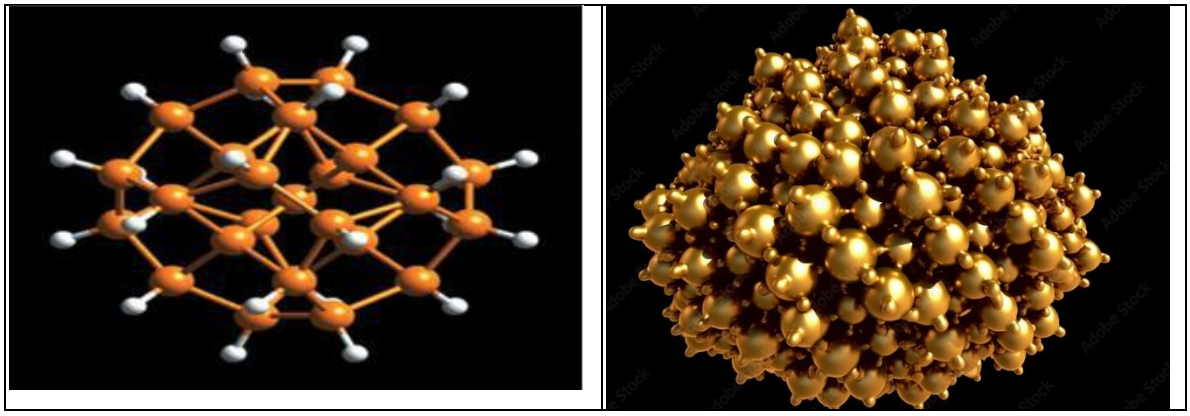
4- الجسيمات النانوية (Nanoparticles**)**

على الرغم من أن كلمة(الجسيمات النانوية)حديثة الاستخدام، إلا ان هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ قديم الزمان. ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يترا وح عددها من بضع ذ ا رت(جزيء)إلى مليون ذرة، وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريباً ونصف قطره أقل من 100 نانومتر.عندما يصل حجم الجسيم النانوي الى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي (Quantum well) اما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي Quantum) (wire وعندما يكون بثلاثة أبعاد تسمى النقط الكمية

(Quantum dots) .

هنا من الإشارة إلى أن التغيير في الأبعاد النانوية في التركيبات الثلاثة السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية.

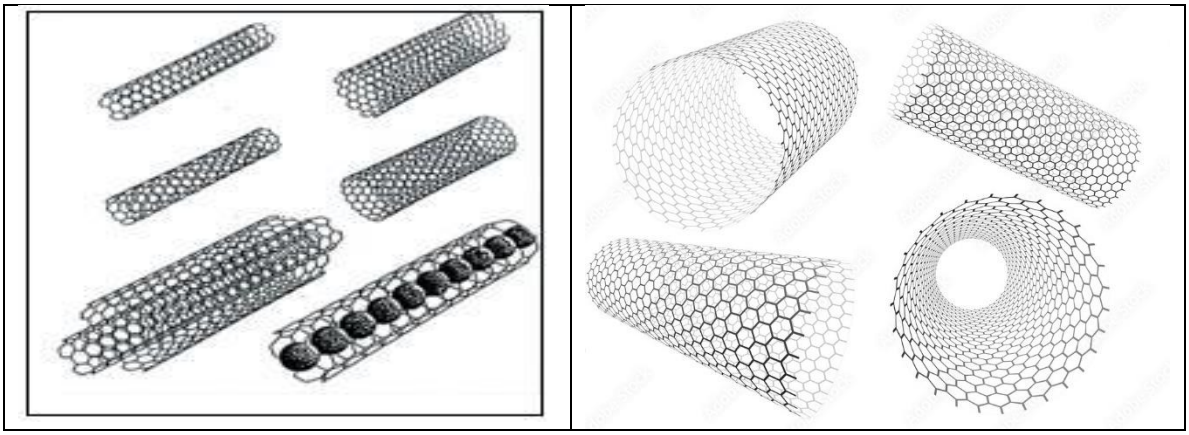
لقد أمكن حديثاً تصنيع جسيمات نانوية من الفلزات والعوازل وأشباه الموصلات والتركيبات المهجّنة(مثل الجسيمات النانوية المغلّفة)وكذلك تصنيع نماذج لجسيمات نانوية ذات طبيعة شبه صلبة .وتعتبر جسيمات النحاس النانوية(أقل من 50 نانومتر)ذات صلابة عالية وغير قابلة للطرق والسحب على عكس جسيمات النحاس العادية حيث يمكن ثنيها وطرقها وسحبها[16].



شكل 4: الجسيمات النانوية.

5- الأنابيب النانوية (Nanotubes)

هي عبارة عن شرائح تطوى بشكل أسطواني، وغالباً تكون نهاية الأنبوب مفتوحة والأخرى مغلقة بشكل نصف دائرة .تصنع من مواد عضوية (كربون)أو مواد غير عضوية(أكاسيد الفلزات كأسيد الفناديوم والمنجنيز .)تتمتع هذه الأنابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية، ولكن أكاسيد الفلزات تكون أثقل وأضعف من أنابيب الكربون.يتراوح قطر الأنبوب النانوي بين 1 نانومتر و 100نانومتر وطولها يبلغ 100 مايكرومتر ليشكل سلك نانوي، للأنابيب النانوية عدة أشكال، فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، خيز ا رنية، أو مخروطية وغير ذلك [17] .

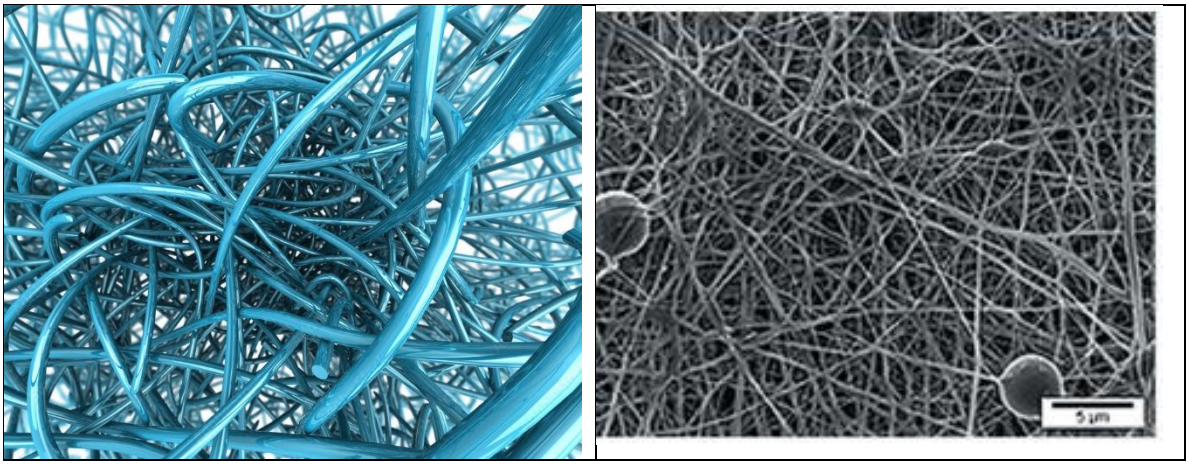


شكل 5: الأنابيب النانوية.

6 - الألياف النانوية (Nano fibers)

لاقت هذه المواد اهتماماً كبيرا لأهميتها الصناعية .وتتخذ عدة أشكال كالألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح. تتميز الألياف النانوية بأن مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة حيث إن عدد ذ ا رت السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي، وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها، ولكنها تعاني من صعوبة التحكم باستمراريتها واستقامتها وتر اصفها.

تستخدم هذه الألياف في الطب وز ا رعة الأعضاء كالمفاصل والتئام الجروح ونقل الأدوية في الجسم، كما تستخدم في المجالات العسكرية كالتقليل من مقاومة الهواء[18].



شكل 6: الألياف النانوية.

7- المركبات النانوية:(Nanocomponents)

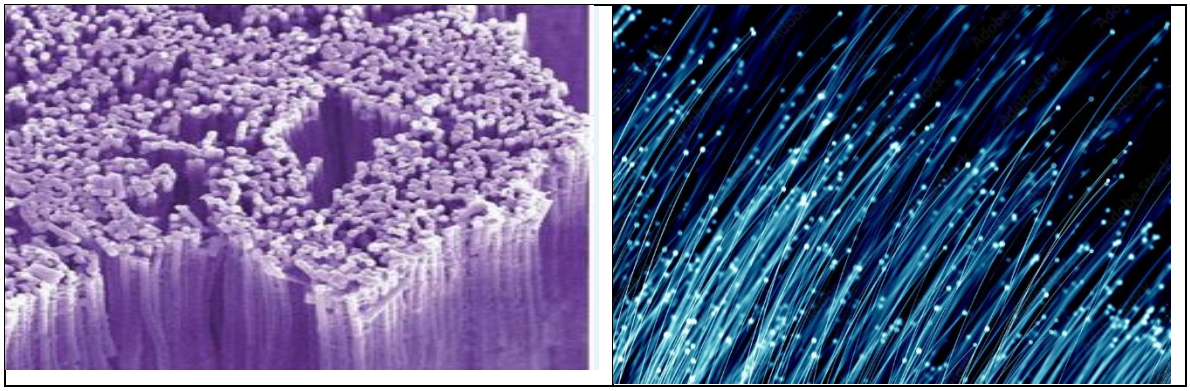
هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد، ونتيجة لذلك فإن المادة النانوية تُبدي تحسناً كبيرا في خصائصها . فعلى سبيل المثال، يؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيلية الكهربية والحرارية للمادة .وقد يؤدي إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربائي، وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة .يجب أن تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة جداً (في حدود 0.5% إلى) 5% وذلك بسبب أن النسبة بين المساحة السطحية إلى الحجم للجسيمات النانوية تكون عالية[19].

8-الأسلاك النانوية (Nano wires)

هي أسلاك نانوية قد يقل قطرها عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة، أي نسبة طول إلى عرض تزيد عن 1000 مرة، لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد وهي تتفوق على الأسلاك العادية التقليدية، لأن الالكترونات فيها تكون محصورة كمياً باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة المحسوسة.

وهذه الأسلاك غير موجودة في الطبيعة، بل تحضر في المختبر بطرق عديدة منها الكحت الكيميائي لسلك كبير أو قذف سلك كبير بواسطة جسيمات ذات طاقة عالية .وتتخذ أشكالاً عديدة متعددة منها حلزونية أو متماثلة خماسية وعند تحضيرها تكون معلقة من الطرف العلوي أو مترسبة على سطح آخر.

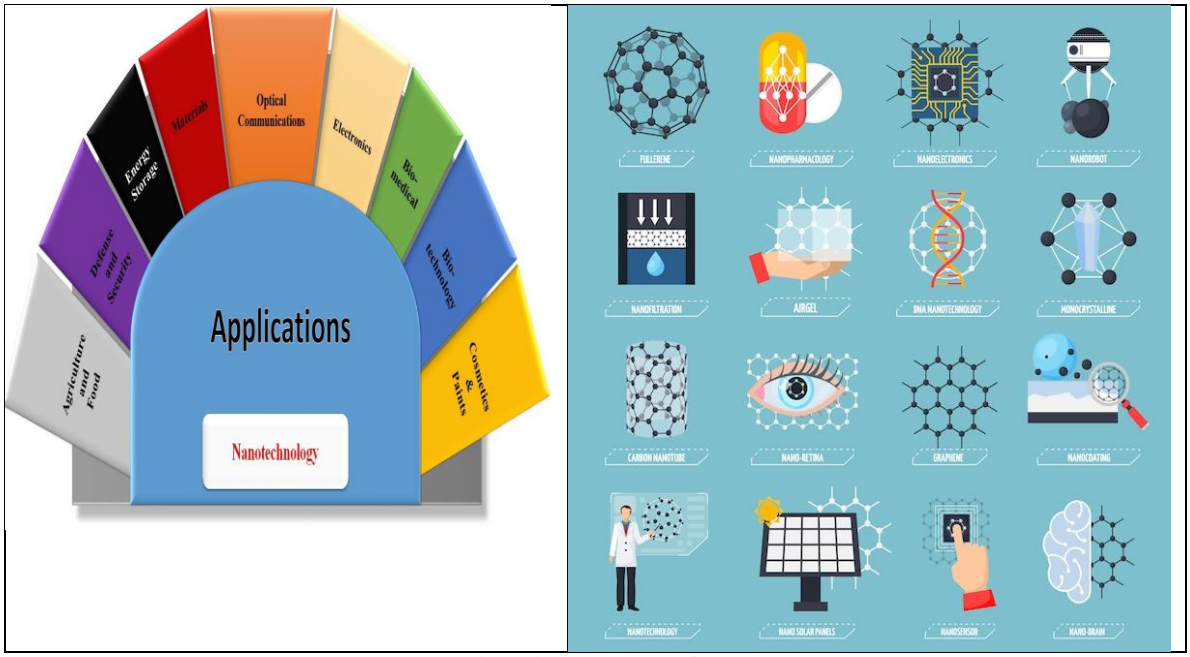
للأسلاك النانوية العديد من الاستخدامات المستقبلية كربط مكونات الكترونية داخل دائرة صغيرة وبناء الدوائر الالكترونية المنطقية وقد تستخدم مستقبلاً لتصنيع الكمبيوتر الرقم [20]



شكل 7: الأسلاك النانوية.

تطبيقات تكنولوجيا النانو

هناك العديد من التطبيقات لتقنية النانو في الوقت الحاضر كما هو موضح في الشكل 1، ولكن فيما يتعلق بالمجالات الكهربائية والإلكترونية، فإن التطبيقات المجدية لتقنية النانو هي؛ الاتصالات والهندسة الحيوية والإلكترونيات الطبية والروبوتات [21].



شكل 8: تطبيقات تكنولوجيا النانو [21]

تحدث ثورة كبيرة في العديد من الجوانب التي تتناول تقنيات وميزات الاتصالات حيث لعبت تقنية النانو دورًا مهمًا في مجال هندسة الاتصالات. وذلا لامتلاكها مجموعة واسعة من التطبيقات وقد أثرت على صناعة الاتصالات بطرق عدة.

1. التكنولوجيا اللاسلكية

سيتم تغيير مشروع الاتصالات السلكية واللاسلكية بشكل جذري إلى تقنية النانو الجديدة. إن تأثير تقنية النانو في تشغيل كل من الشبكة الخلوية وكذلك الشبكة الأساسية ، بالإضافة إلى الكمال في الأمان والتأثير الأفضل على المستشعر يجعل من التكنولوجيا النانوية أضخم التقنيات التقليدية السابقة [22].

لقد وعدت صناعات التكنولوجيا اللاسلكية بتنفيذ عمليات ذكية تسمح بضمان إجراء الحسابات والاتصالات حسب الرغبة. سيساعد ظهور مفاهيم الذكاء وتقنية النانو في الأجهزة المحمولة في دمج الأجهزة داخل البيئات البشرية التي يمكن أن تخلق منصة جديدة تمامًا في الطريق للسماح بالاستشعار والحوسبة الدائمين [23].

قد يتم استخدام الأجهزة النانوية لتحقيق بعض القدرات مثل التشغيل الذاتي أو الحساس للبيئة أو التفاعل الذكي مع الأنظمة الأخرى. في الهواتف الخلوية ، سيتم إضافة الأنابيب النانوية الكربونية المحسّنة قريبًا والتي تأتي دون تكنولوجيا النانو [24].

في خمسة أجيال من الأنظمة المتنقلة ، يشار إلى الخلايا باسم الأجهزة النانوية لأنها مزودة بتقنية النانو. تتمثل إحدى الرؤى ذات الصلة للصناعات اللاسلكية في تحقيق وسيلة لتقنيات النانو الذكية لتكون جاهزة لخدمة الشخص بطريقة ذكية. يتطلب هذا أن أجهزة الشبكة والجوّال جنبًا إلى جنب مع الذكاء يعني أن العقل كله يجب أن يكون جزءًا لا يتجزأ من البيئات البشرية مثل المنزل أو مكان العمل أو الأماكن العامة ، وسيخلق نظامًا أساسيًا جديدًا يسمح بالاستشعار والحوسبة في أنظمة اتصالات نانو [25] .

2. تقنية إنترنت الأشياء (IoT)

يصف إنترنت الأشياء (IoT) شبكة الأشياء المادية - "الأشياء" - المضمنة مع أجهزة الحوسبة المترابطة ، والآلات الميكانيكية والرقمية وأجهزة الاستشعار والبرامج والتقنيات الأخرى لغرض توصيل البيانات وتبادلها مع الأجهزة والأنظمة الأخرى عبر الإنترنت.

ان تقارب التقنيات المتعددة والتحليلات في الوقت الفعلي والتعلم الآلي والمستشعرات والأنظمة المدمجة أحدث تطور سريع في الاشياء. وفي المستقبل القريب يمكن أن تكون الأشياء الذكية النانوية هي الشيء المحتمل المصاحب الذي يمكن أن تسيطر .

يمكن إعداد الرقائق الحيوية النانوية لتمرير البيانات أو المعلومات فيما بينها أو إلى الآلات أو إلى عامة الناس ، كما أنها تتعلم ذاتيًا ، وتقوم بترقية نفسها في كل مرة تؤدي فيها المهمة [26].

وسيكون هناك أجهزة الجسيمات النانوية التي يمكن أن تنزلق لتلامس جسم الإنسان لتوفر العديد من التطبيقات الأخرى توفر اتصالًا حيويًا مع البشر [27].

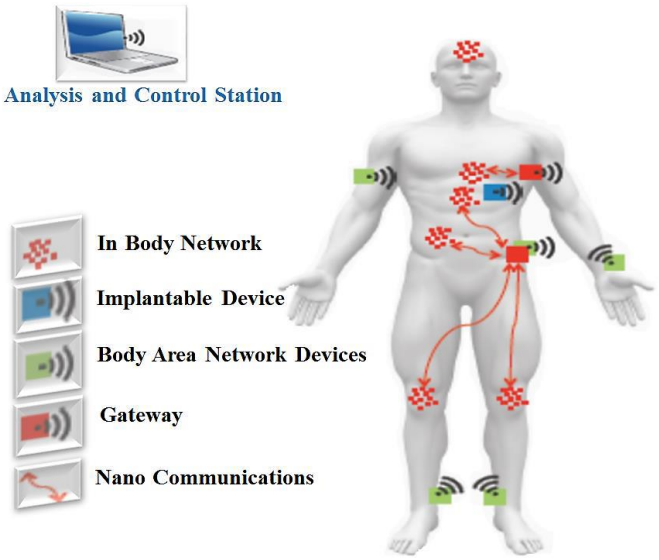
إلى جانب العديد من التطبيقات الذكية مثل إنتاج آلات نانوية النطاق قادرة على الاتصال بالإنترنت يتم التحكم فيها عن بعد.

3-شبكة منطقة الجسم

اجري الكثير من العمل من قبل العديد من المجموعات البحثية حول امكانية تنسيق أجهزة شبكة منطقة الجسم في اللباس أو الجسم أجهزة شبكة بتحسين المواد النانوية الذكية ودمج الإلكترونيات الدقيقة في الملابس أو زرعها في جسم الإنسان.

أصبحت الأجهزة العلاجية مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب والأطراف الاصطناعية والدعامات مستخدمة بالفعل في الطب. إحدى الحالات عبارة عن مستشعر يركز على مرضى قصور القلب الاحتقاني ، وقد يتم زرع هذه المستشعرات داخل الجسم وتتواصل مع بعضها البعض عن طريق الاتصال النانوي بين الجسم [28].

يمكن استخدام المستشعرات المدمجة بحجم يشبه حبة الأرز لقياس العديد من المقاييس الطبية داخل الجسم مثل قياس معدل تدفق الدم في الشرايين داخل جسم الإنسان ، وهي عملية مسح جراحية معقدة داخلية لأجزاء حيوية من الجسم وكذلك تستخدم في العلاجات الدوائية لتحريض الأعصاب أو الأنسجة [29].



شكل 9: مستشعرات النانو للاتصالات بين الأجسام [27]

إن تقدم الإدخالات على نطاق أصغر يفتح احتمالية وجود شبكات (Intra Body (IBNs ، حيث يتم تصغير شرائح BAN وتختفي داخل الجسم [30]. يمكن التعرف على المستشعرات والمشغلات بواسطة الأجهزة المدمجة التي تنقل عن بعد عبر الأنسجة [31].

في المستقبل يمكن توقع ان BANs وIBNs التي تستخدم تقنيات النانو الحيوية المختلفة سوف تتطور بشكل سريع ابعد من ذالك . تُعرف التكنولوجيا الحيوية بانها اي تطبيق تكنولوجي يستخدم الأنظمة البيولوجية أو الكائنات الحية أو مشتقاتها ، لصنع أو تعديل المنتجات أو العمليات لاستخدامات محددة. يمكن وصف تقنية النانو الحيوية بأنها فرع من فروع تكنولوجيا النانو في ضوء استخدام الهياكل الطبيعية ،ومثالا على ذالك ، البروتينات ، والحمض النووي ، وما إلى ذلك كأجزاء بناء من الأجهزة النانوية كمحركات النانو.

4-الأجهزة المحمولة واللاسلكية

أصبحت الأجهزة المحمولة مرتبطة ارتباطا كاملا بالإنسان حيث يمكن أن ترتبط هذه الأجهزة بالأشياء البشرية مثل المنزل والمكتب والأماكن المفتوحة . ويجب أن تكون الأجهزة قادرة على التكيف مع محيطها والتحول إلى جزء من نظام الأجهزة التي تشملها لكي يمكن زرعها في اشياء مادية ملموسة . والذي يشبه الأطر العضوية التي تتطور وتتكيف مع الطبيعة بشكل مستقل.

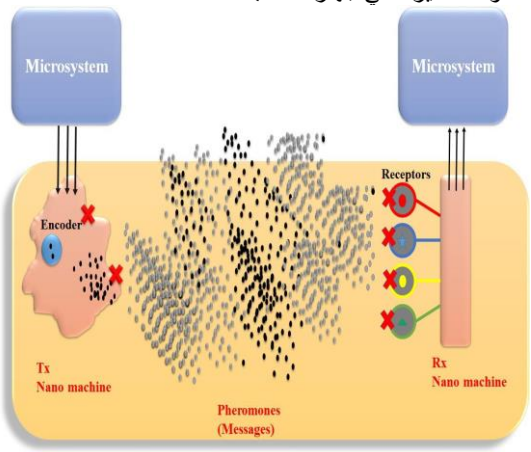
ساعدت تقنية النانو في تطوير أنواع جديدة من الأجهزة النانوية الثاقبة ومستشعرات النانو التي يمكنها التواصل مع هذه الأطر العضوية. توفر تقنية النانو إمكانيات قد تكون معقدة مثل المساعدة في تحسين الظروف في طبيعة بيئتنا ، أو أساسية مثل معرفة ما إذا كان المنتج العضوي سليمًا أم تالفًا [32].

استخدامات تقنية النانو في الأجهزة اللاسلكية مثل أجهزة الاستشعار عن بعد والتي تعد منطقة ضخمة بشكل خاص من البحث في تحسين تقنيات النانو العسكرية.

5-نانو الاتصالات والشبكات

توصف نانو ماشين بأنها أجهزة ميكانيكية تعتمد على أجزاء نانومتريه. يُعرف مصطلح الآلة النووية بالجهاز الميكانيكي الذي يلعب حدًا ملائمًا باستخدام شظايا بمقياس نانومتر ووصف بنية تحت نووية قادرة على نقل، أو معالجة، أو معلومات، أو اكتشاف، أو تنشيط نظام آخر[33].
الموجات الكهرومغناطيسية هي الإستراتيجية الأساسية التي تقوم عليها الاتصالات لربط الأجهزة الإلكترونية الدقيقة وتنتشر هذه الموجات، ولكن بفقدان منخفض على طول الأسلاك أو لاسلكيًا. لإنشاء اتصال لاسلكي نانو ثنائي الاتجاه ، يتطلب تطوير هوائيات نانوية للترددات العالية جدا ويتم بتنسيق نظام تردد لاسلكي في Nanomachine . يتم تعريف الاتصال بين آلات النانو من خلال ما يعرف باسم الاتصال الجزيئي الذي يمثل نقل واستقبال المعلومات المشفرة في الجزيئات. يستخدم الاتصال الجزيئي لربط عدة آلات نانوية ، مما ينتج عنه شبكات نانونية والتي تستخدم الرسائل التي يتم ترميزها باستخدام الجزيئات. يمكن اعتبار تقنيات الترميز لتمثيل المعلومات في شبكات النانو المسماة الترميز الجزيئي ، والتي تستخدم المعلمات الداخلية للجزيئات لتشفير المعلومات مثل التركيب الكيميائي ، والموضع النسبي للعناصر الجزيئية ، أو الاستقطاب [34].

لفك تشفير هذه المعلومات يجب أن يكون جهاز الاستقبال قادرًا على اكتشاف هذه الجزيئات المحددة. تشبه هذه التقنية استخدام الحزم المشفرة في شبكات الاتصال ، حيث يستطيع المتلقي المقصود فقط قراءة المعلومات. عادةً ما يتم نقل النصوص والصوت والفيديو عبر شبكات الاتصال التقليدية. على النقيض من ذلك ، في شبكات النانو ، نظرًا لأن الرسالة عبارة عن جزيء ، فإن المعلومات المرسلة تكون أكثر ارتباطًا بالظواهر والحالات الكيميائية والعمليات كما هو الحال في الاتصال التقليدي يحدث الاتصال بين أجهزة Nano بوجود أنظمة إرسال عبر ناقل إلى جهاز الاستقبال ويجب تشفير المعلومات المنقولة في جانب المرسل وفك تشفيرها في جهاز الاستقبال.



شكل 10: الاتصال الجزيئي على أساس ترميز الفيرومونات [34].

غير ان الرسالة في الاتصال الجزيئي عبارة عن جزيء ، وستكون غير نشطة تعني أن الرسائل الجزيئية لن تكون عرضة للتفاعل مع الآخرين. تقوم المحركات الجزيئية القادرة على تحريك الجزيئات وتنتقل المحركات الجزيئية أو تتحرك على طول قضبان جزيئية تسمى الأنابيب الدقيقة .

6- تخزين المعلومات ومعالجتها

لمعالجة المعلومات ونقلها ، من المتوقع أن يؤدي تطوير المكونات الإلكترونية والبصرية والإلكترونية الضوئية إلى إنتاج أجهزة اتصال عملية سريعة ودقيقة. من المحتمل أن تُستخدم البلورات الضوئية لتصميم الدوائر الضوئية البحتة كأساس لمعالجة المعلومات المستقبلية بناءً على الضوء فقط. سيحقق مفهوم تقنية النانو في جهاز تخزين بمقياس نانوي يعتمد على تقنية CMOS باستخدام الدواسات الكمومية والأنابيب النانوية الكربونية توقعات كبيرة لتخزين كمية كبيرة من البيانات [35].
إن التقنيات الجديدة مثل شريحة الكمبيوتر ثلاثية الأبعاد نانو متعددة الاستخدامات التي تربط الذاكرة بقوة ، مع تأثير تقليل الاختناقات في المعلومات ستعد بمعالجة سريعة ودقيقة للبيانات.

مع مزيد من العمل ، يمكن أن يكون التقدم هو الطريق إلى خطوة مهمة بشكل استثنائي في التنفيذ ، والكفاءة ، والقدرة على التعامل السريع مع كمية كبيرة جدًا من البيانات المعروفة باسم البيانات الضخمة على الرقائق العادية. بالإضافة إلى ذلك ، تعد ذاكرة التكامل ثلاثية الأبعاد والتقنيات النانوية الناشئة مثل ترانزستورات CNT خطوات واعدة لبناء الجيل التالي من الأنظمة الإلكترونية عالية الكفاءة والأداء العالي التي يمكن أن تعمل على كميات هائلة من البيانات[36].

7- أجهزة الاستشعار النانوية والأجهزة النانوية

مستشعرات النانو هي أي نقاط حسية بيولوجية أو كيميائية أو جراحية تُستخدم لنقل المعلومات حول الجسيمات النانوية إلى العالم المايكروسكوبي. توفر مستشعرات النانو والأجهزة النانوية حلولًا جديدة للعديد من الجوانب مثل الاستشعار البيئي والبيولوجي الذي يوفر درجة عالية من حساسية الكشف والتوافر في حالة ثابتة أو ديناميكية في العديد من التطبيقات مثل الصحة والسلامة والمراقبة. نظرًا للزيادة في العديد من تطبيقات المنشآت الصناعية وتوزيعاتها العالمية ، هناك حاجة ملحة لتطوير نوع جديد من أجهزة الاستشعار والأجهزة القادرة على اكتشاف وتحديد مصدر الملوثات وعوامل التهديد الأخرى بسرعة في أي وقت. [37]. على الجانب الآخر مع الأخذ بمفهوم عميق ، من الضروري أيضًا تطوير أجهزة استشعار وأجهزة قادرة على التفاعل مع الآلات الأخرى في مناطق التصنيع ، لاكتشاف العديد من أنواع التقلبات أثناء العملية الصناعية. تطبيق مهم آخر في مجال الرعاية الصحية أصبح أيضًا مجالًا مهمًا مطلوبًا لتطوير جيل جديد من أجهزة الاستشعار النانوية والأجهزة النانوية ذات الاستجابة السريعة والحساسية العالية في المناطق النانوية التي قد تكون داخل جسم الإنسان [38].
تُستخدم الأجهزة النانوية بشكل أساسي للأغراض الطبية المختلفة كبوابات لبناء منتجات نانو أخرى ، مثل رقائق الكمبيوتر التي تعمل بالمقياس النانوي والروبوتات النانوية. في اتصالات منطقة جسم الإنسان ،في المستقبل القريب ، ستوفر مستشعرات النانو العديد من التطبيقات الجديدة مثل تمكين الصور الشخصية للفيروسات ومسببات الأمراض أو تصنيع الحمض النووي .

تكنولوجيا النانو ومجال الاتصالات (الفرص والتحديات)

تعد تقنية النانو أفضل طريقة للتعامل مع العديد من المجالات ، كالاتصالات ، والهندسة الحيوية ، والإلكترونيات الطبية ، والروبوتات. وهي المجالات الأساسية الأربعة التي يمكن ان يحدث بها تكور سريع. ففي الاتصالات وتبادل المعلومات ، سيتم التعرف على استخدام تكنولوجيا النانو طرق جديدة لتقديم وسائط نقل ذكية.

تسببت ثورة الاتصالات السلكية واللاسلكية والابتكارات الناشئة في المواد النانوية ذات الخصائص البصرية والكهربائية والمغناطيسية الجديدة ، والشرائح الذكية والذاكرة والمعالجات الأسرع والأصغر ، وأجهزة الكمبيوتر العلمية الجديدة القائمة على الحوسبة الكمية ، والفحص المجهري المتقدم ، وأنظمة التصنيع في تحقيق تطور كبير في صناعات الحوسبة والشبكات .

يمكن لتقنية النانو أن تضيف المزيد من تقنيات الاتصال التي لا يمكن التنبؤ بها حاليًا وقد تفوق الخيال النسبي لأن هذه التكنولوجيا في المرحلة الأولى من البحث، لا سيما في مجال أبحاث هندسة الاتصالات.

مجال الاتصالات

1- **تخزين الذاكرة**:

بالاعتماد على تكنولوجيا النانو تنافست الشركات في تحقيق تطور هائل في مجال تصنيع الحواسيب الالية ،والتي يمكن تلخيصها في عدة نقاط رئيسية :

أ- زيادة سرعة المعالجات باستخدام الموصلات الضوئية .

ب- خفض معدل استهلاك الطاقة والانبعاث الحراري.

ت- زيادة السعة التخزينية لذاكرة الوصول العشوائي وقدرتها على الاحتفاظ بالبيانات .

ث- تحسين شاشات العرض ومعدل الاحتفاظ بالطاقة .

ج- انتاج وسائط تخزين بسعات تخزينية هائلة .

ح- رقائق الذاكرة والبطاقات والحزم الذكية .

2- اجهزة اشباه الموصلات الجديدة :

اعتمد في انتاج هذه الاجهزة على نظرية الدوران الالكتروني وهي اعتماد مقاومة المادة (بسبب دوران الالكترونات) على المجال الخارجي للمقاومة المغناطيسية العملاقة .

3- **الاجهزة الالكترونية البصرية:**

احتلت الالكترونات البصرية نظرا لعرض نطاقها الترددي وتزايد قدرتها وكفاءتها كالبلورات الضوئية والنقاط الكمية محل الالكترونات التقليدية ، حيث ان البلورات الضوئية تشيه اشباه الموصلات في مجال الضوء والفوتونات بدلا عن الالكترونات ،اما النقاط الكمية فهي اجسام نانونية يمكن استخدامها في انتاج اشعة الليزر.

4- **شاشات العرض :**

باستخدام الانابيب النانونية الكربونية أصبح من الممكن انتاج شاشات عرض مختلفة مع استهلاك طاقة اقل، ويشبه مبدا عملها انابيب اشعة المهبط.

5- الحاسب الكمي:

هو حاسب الي يعتمد على مبادئ ميكانيكا الكم وظواهرها مثل حالة التراكب الكمي Quantum Superpositionوالتشابك الكمي Quantum Entanglement للقيام بمعالجة البيانات في الحاسبات التقليدية [1].

الخلاصة

في الوقت الحاضر، يتزايد استخدام الاتصالات اللاسلكية بسرعة ويتوسع بسرعة. تعتبر الدوافع الأساسية لاستخدام تقنية النانو في الأجهزة والأنظمة اللاسلكية متفوقة، وتقلل من استخدام الطاقة، وتقلل من حجم مكونات الاتصالات. تم تعيين تقنية النانو للتأثير بشكل كبير على أنظمة الاتصالات مما يؤدي إلى اجتماع أقل طلبًا للتطورات ذات الصلة، ومعلومات السعة الهائلة، وأجهزة الحد الأدنى، وتسجيل تنفيذ أعلى. تغطي تقنية النانو للاتصالات السلكية واللاسلكية الأسئلة المتعلقة بالقضايا التنموية وما هو المسار المستقبلي لتكنولوجيا النانو لأنها تنطبق على اتصالات البث.

الاتصال الجزيئي هو تكامل علم الأحياء للتفاعل مع الأنظمة البيولوجية، وتكنولوجيا النانو لتمكين التفاعلات النانوية والميكروسكوبية، وعلوم الكمبيوتر للاندماج في أنظمة معالجة المعلومات والاتصالات واسعة النطاق. يعد الاتصال الجزيئي جانبًا آخر من جوانب هندسة الاتصالات الذي يحاول تكرار بروتوكولات الاتصال الطبيعي وتطبيقها على العديد من التطبيقات المثيرة للاهتمام. لديها إمكانات كبيرة وهي في مرحلة حرجة، حيث يلزم بعض التطبيقات العملية للاتصال الجزيئي، والتي لن تكون ممكنة إلا بالجهود التعاونية للعلماء من جميع مجالات العلوم المختلفة، وخاصة في هندسة الاتصالات السلكية واللاسلكية. الشبكات النانوية هي فكرة جديدة من شأنها أن توسع ميزات Nanomachines من خلال ربطها معًا في شبكة نانو أساسية واحدة وقد تصل إلى الإنترنت لوسائل واعدة جديدة لشبكة Nano المستقبلية من خلال جعل المفهوم ونشر إنترنت الأشياء أكثر ذكاءً. قدمت هذه الدراسة مراجعة لاستخدام تقنية النانو في تقنيات هندسة الاتصالات الأكثر تعقيدًا والمستخدمة على نطاق واسع في الوقت الحاضر ومن المتوقع استخدامها بطريقة أكثر ذكاءً في المستقبل القريب ، حيث تم تقديم مفهوم تقنية النانو كأحد التقنيات التي تستخدم في تطوير عدة مجالات في هندسة الاتصالات.

قائمة المراجع:

[1]د رحاب فايز احمد سيد، **تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات،** الفرص والتحديات، 2012 م.

[2] Sneha Dixit; Future wireless technology. *International Journal of Scientific and Research Publications,* Volume 5, Issue 2, February 2015.

[3] Saddam Hossain. 5G Wireless Communication Systems. *American Journal of Engineering Research* (AJER) 2013 Volume 02, Issue 10, pp. 344-353.

[4] Ian F. Akyildiz, Josep Miquel Jornet. Nano Communication Networks. *Nano Communication Networks* 1 (2010) 3-19 Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.nancom.2010.04.001

[5] Ian F. Akyildiz, Fernando Brunetti, Cristina Blazquez. Nano networks: A new communication paradigm. *Computer Networks* 52 (2008) 2260-2279 doi: 10.1016/j.comnet.2008.04.001
[6] Martin Zikmunda. Communication technology for nanosensors and nanodevices applications in the health industry. NANOCON 2011, Brno, Czech Republic, EU.
[7] Supriya Lokhande, Rupali Pate. Role of Nanotechnology in Shaping the Future of Mobile and Wireless Devices. *International Journal of Science and Research* (IJSR), Volume 3, Issue 1, January 2014
[8] Center for Responsible Nanotechnology. What is Nanotechnology?
[9]Hofmann,H.Introduction Nanomaterials: Magnetic Properties. Available at: (2009) http://ltp2.epfl.ch/teaching/master/introduction_nanomaterials/documents/MagneticProperties.pdf
[10]http://www.uobabylon.edu.iq/uobcoleges/service_showrest.aspx?fid=21&pubid=878

[11] (نهى علوي الحبشي، كتاب ما هي تقنية النانو، مقدمة مختصرة بشكل دروس مبسطة وزارة الثقافة والعالم في المملكة العربية السعودية- 1432ه – 2111 م
[12] Tripathy, S. (2001) Optical properties of nano-silicon. - Bull. Mater. Sci., 24 (3): pp. 285–289.-
[13] Korschun, H. (8 Dec. 2008) “Strained” Quantum Dots Show New Optical Properties. - Available at: http://whsc.emory.edu/home/news/releases/2008/12/quantum-dots-show-new-optical-properties.html
[14] Fullerenes: Overview, Exposure, Uptake, and Behaviour. - Available at: http://www.nanopartikel.info/ cms/lang/en/Wissensbasis/Fullerene
[15] Nano Balls. - Available at: http://www.megagadgets.nl/en/nano-balls.html
[16] Bell, T. Classification, Definitions, Properties, Hazards, Risks and Toxicology of Nanoparticles and Nanotech. - Available at: http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1694

[17] Holister, P., Harper, T. and Vas, C. (Jan. 2003) Nanotubes: White Papernanoparticles.org/pdf/nanotubes.pdf
[18] Hegde, R., Dahiya, A. and Kamath, M. (2005) Nanofiber Nonwovens. - engr.utk.edu/mse/Textiles/Nanofiber%20Nonwovens.htm
[19] Wikipedia, the free encyclopedia. Nanowire
[20] Wikipedia, the free encyclopedia. Nanocomposite
[21] Ian F. Akyildiz, Fernando Brunetti, Cristina Blazquez. Nano networks: A new communication paradigm. *Computer Networks* 52 (2008) 2260-2279 doi: 10.1016/j.comnet.2008.04.001
[22] G. Padmavathi, D. Shanmugapriya, N. Valliammal, G. Geetha, C. J. Kabila Kandhasamy. UGC Sponsored Two Day National Conference on Internet of Things *World Scientific News* 41 (2016) 1-315
[23] Nanotechnology in Communication Engineering: Issues, Applications, and Future Possibilities, Elmustafa S. Ali Ahmed1, *, Harwinder Singh Sohal, EISSN 2392-2192
[24] Imthiyaz Ali. A., 5G The Nano Core. *International Journal of Engineering and Innovative Technology* (IJEIT); Volume 2, Issue 3, September 2012
[25] D. Hema Latha et al., A Study on 5th Generation Mobile Technology - Future Network Service. (IJCSIT) *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(6) (2014) 8309-8313

[26] Dr. Sandro Carrara. Nano-bio-chip technologies; http://si.epfl.ch/page-34869-en.html [Accessed on 12 October 2016

[27] Enisa Omanović-Mikličanin, Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović. the Future of Healthcare: Nanomedicine and Internet of Nano Things. *Folia Med. Fac. Med. Univ. Saraeviensis* 50(1) (2015) 23-28.
[28] Falko Dressler, Stefan Fischerb; Connecting In-Body Nano Communication with Body Area Networks: Challenges and Opportunities of the Internet of Nano Things; Elsevier November 12, 2014

[29] Tim Youngblood, Wearables Roundup: Bio-hacking, Ford Motors, and Sensors that Stick to Your Body, http://www.allaboutcircuits.com/news/bio-hacking-ford-motors-and-sensors-that-stick-to-your-body/ [Accessed on 16 October 2016]

[30] Maria Lijding. Using Sensor Data in Smart Surroundings;
[31] https://www.utwente.nl/ctit/library/proceedings/imns2006.pdf [Accessed on 16 October 2016]
[32] Supriya Lokhande, Rupali Pate. Role of Nanotechnology in Shaping the Future of Mobile and Wireless Devices. *International Journal of Science and Research* (IJSR) Volume 3, Issue 1, January 2014
[33] Mukesh Ramalingam. Nano Machines and Devices (Mems, Nem’s fabrication, Micro-and Nanomachining). Florida International University. http://web.eng.fiu.edu/~vlassov/EEE-5425/Ramalingam-NanoMachines.pdf [Accessed on 12 October 2016
[34] Sidra Zafar, Mohsin Nazir, Aneeqa Sabah. Molecular communication in Nano Networks; http://www.sci-en-tech.com/ICCM2016/PDFs/2076-6398-1-PB.pdf [Accessed on 12 October 2016].

[35] https://users.ece.cmu.edu/~jzhu/class/18200/F04/Lecture13_18-200_Blackboard.pdf [Accessed on 23 October 2016]

[36] http://www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=37343.php [Accessed on 2 November 2016]
[37] NSTC Committee in technology; nanotechnology for sensors and sensors for nanotechnology: improving and protecting health, safety and the environment; 9 July 2012.

[38] Natalia A. Burmistrova, Olga A. Kolontaeva, and Axel Duerkop. New Nanomaterials and Luminescent Optical Sensors for Detection of Hydrogen Peroxide. *Chemo sensors* 2015, 3, 253-273; doi:10.3390/chemosensors304