مروری بر شبکه نانوحسگر های بیسیم و روش های ارتباطی بین آنها

1. سحرناز سپهری فرد (نویسنده مسئول)، ۲. فاطمه سادات مرتضوی

.گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و فناوری نانو و زیستی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران۱

۲.گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم و فناوری نانو و زیستی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

1- مقدمه

شبکه نانو حسگر بی‌سیم (WNSN)، شبکه ای تشکیل شده از نانوحسگرها هستند که بدون استفاده از سیم و به صورت خودکار ارتباط برقرار می‌کنند و اطلاعات را به یکدیگر و یا به سیستم مرکزی انتقال می‌دهند. این شبکه از حسگرهای نانومتری تشکیل شده است که قابلیت تشخیص و اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف محیطی را دارند. با استفاده از این شبکه، اطلاعات محیطی مانند دما، مقدار pH، تراکم اکسیژن، و غیره را می‌توان به صورت بی‌سیم و به صورت همزمان جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های مرکزی یا دستگاه‌های دیگر ارسال کرد.[۸] این شبکه می‌تواند در بسیاری از زمینه‌های کاربردی مانند بهداشت، پزشکی، صنایع، محیط زیست و غیره مورد استفاده قرار گیرد .[۱][۲][۵][۷] آنها قابلیت تشخیص و اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف محیطی را دارند. این نانوحسگرها با استفاده از فناوری‌های نانو، اطلاعات را به صورت بی‌سیم جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های مرکزی یا دیگر دستگاه‌ها ارسال می‌کنند [۸].شبکه نانوحسگر بیسیم می‌تواند با استفاده از هر دو رویکرد ارتباطی کار کند.[۱] ارتباط مولکولی به انتقال و دریافت اطلاعات کد شده در مولکول‌ها اشاره دارد و می‌تواند برای ارتباط بین نانوحسگرها و یا انتقال اطلاعات به دستگاه‌های دیگر استفاده شود. از طرف دیگر، ارتباط الکترومغناطیسی به انتقال و دریافت تابش الکترومغناطیسی از مؤلفه‌های مبتنی بر مواد نانو اشاره دارد که می‌تواند به عنوان روش ارتباطی دیگری در WNSN استفاده شود.[۱] بنابراین، WNSN با استفاده از این دو روش ارتباطی، قادر است به طور همزمان اطلاعات را جمع‌آوری و انتقال دهد و در نهایت به کاربردهای مختلفی از جمله پزشکی، محیط زیست، صنایع و حمل و نقل کمک کند. همچنین نانوحسگر به کمک اینترنت نانو اشیا IoNT می تواند اطلاعات به دست امده در بدن را به ما ارائه بدهد. [۴][۱][۲][۳]

2- راه های ارتباطی بین نانو حسگر ها

ابتدا بهتر است در زمینه راه های ارتباطی نانو حسگر ها مطالبی ارائه شود. نانو حسگر ها با اینکه کاربرد های فراوانی دارند و روز به روز در حال پیشرفت با کارایی های بیشتر هستند، اما در حال حاضر، روش ارتباطی انها با هم کاملا شناخته شده نیست. دو رویکرد اصلی برای ارتباط آن ها با هم در مقیاس نانو با نام‌های ارتباط مولکولی و ارتباط نانوالکترومغناطیسی پیش بینی می شود.

2-1- ارتباط نانو-الکترومغناطیسی

ارتباط نانو-الکترومغناطیسی به انتقال و دریافت تابش الکترومغناطیسی از مؤلفه های مبتنی بر مواد نانو نوین اشاره دارد. پیشرفت های اخیر در الکترونیک مولکولی و کربنی، درهایی را برای نسل جدیدی از نانومؤلفه های الکترونیکی مانند نانوباتری ها، نانوحافظه ها، مدارهای منطقی در مقیاس نانو و حتی نانوآنتن ها باز کرده است. در زمینه ارتباطات، خصوصیات منحصر به فرد مواد نانو نوین، تعیین باندهای خاص برای انتشار

تابش الکترومغناطیسی، تأخیر زمانی انتشار، و مقدار قدرت انتشار برای انرژی ورودی را تعیین می کنند. این ویژگی ها باعث تغییرات اساسی در مدل های کانال، معماری شبکه، و پروتکل های ارتباطی می شوند.[۱]

2-2- ارتباط مولکولی

در ارتباط مولکولی، انتقال و دریافت اطلاعات کد شده در مولکول ها تعریف می شود. تراکنش کننده های مولکولی به دلیل اندازه و دامنه عملکردی که دارند، به راحتی در دستگاههای نانو یکپارچه می شوند. این تراکنش کننده ها با واکنش با مولکولهای خاص، مولکول های دیگری را آزاد می کنند و این کار انها به عنوان پاسخ به یک دستور داخلی انجام می شود و قابل پردازش است. مولکول های ازاد شده می توانند از چند روش زیر منتشر شوند:

1. از طریق پخش تصادفی در یک محیط سیال (مبتنی بر پخش)

2. از طریق پخش در یک محیط سیال که جریان آن هدایت میشود (مبتنی بر جریان)

3. از طریق حامل های فعال که آنها را از طریق مسیرهای تعریف شده حمل میکنند (مبتنی بر مسیر)

این الگوی ارتباطی بسیار متفاوت، نیازمند مدل های کانال نوآورانه معماری های شبکه و پروتکل های ارتباطی جدید است.[۱]

۳-اینترنت نانو اشیا(IoNT) و کاربرد آن در شبکه ارتباطی نانوحسگرها

اینترنت نانو اشیا (IoNT) یک مفهوم فناوری است که از ترکیب فناوری اینترنت اشیاء (IoT) با نانوتکنولوژی بهره می‌برد. IoNT از دستگاه‌های الکترونیکی در ابعاد نانومتری ساخته شده است که قادر به ارتباط بی‌سیم با یکدیگر و با دستگاه‌های خارجی هستند.

کاربرد IoNT در شبکه ارتباطی نانوحسگرها به این صورت است که نانوحسگرهای زیستی یا شیمیایی که در ابعاد نانومتری ساخته شده‌اند، اطلاعات محیطی را اندازه‌گیری می‌کنند و این اطلاعات را به دستگاه‌های IoNT ارسال می‌کنند. سپس این دستگاه‌ها با استفاده از شبکه‌های ارتباطی نانو اشیاء، اطلاعات را به سرورها یا دستگاه‌های دیگری که می‌توانند این اطلاعات را تحلیل و پردازش کنند، ارسال می‌کنند.

با استفاده از IoNT، امکان جمع‌آوری داده‌های بیولوژیکی یا شیمیایی در محیط‌های زیستی و ارسال آن به صورت بی‌سیم و به صورت فوری فراهم می‌شود. این اطلاعات می‌تواند در زمینه‌های مختلفی از جمله پزشکی، پزشکی هوشمند، محیط زیست و کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد و بهبود و بهینه‌سازی فرآیندها و تصمیم‌گیری‌ها را تسهیل می‌کند.[۶]

شکل ۱. ساختار IoN در سیستم بهداشتی

4- نقش شبکه ی نانوحسگر های بیسیم در نظارت بر سلول های شش

با پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه نانوتکنولوژی، امکان ساخت حسگرهای نانو زیر ۱۰۰ نانومتر وجود دارد که قادر به نظارت بر سلول‌های ریه انسان باشند. این حسگرها، با استفاده از مواد نوآورانه مانند گرافن به عنوان آنتن انتقالی، قادر به ارتباط بی‌سیم در باند تراهرتز هستند. این پیشرفت‌ها نشان‌دهنده‌ی این است که امکان راه‌اندازی شبکه‌های حسگر نانومتری بی‌سیم در داخل بدن انسان وجود دارد.

در این تحقیق، یک شبکه حسگر نانو بی‌سیم (WNSN) را برای نظارت بر سلول‌های ریه انسان مورد بررسی قرار داده‌ایم و ارتباط بین حرکت نفس و تغییرات در کانال‌های تراهرتز درون سلول‌های ریه مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از داده‌های تنفسی انسان، مشخص شده است که کانال‌های سلول‌های ریه در حالت‌های خوب و بد تفاوت دارند و می‌توانند به طور دوره‌ای بین این حالت‌ها تغییر کنند. برای افزایش قابلیت

اطمینان و کارایی شبکه حسگر نانو بی‌سیم، دو پروتکل cycling duty به همراه یک الگوریتم ساده برای ارزیابی کانال پیشنهاد شده است . این پروتکل‌ها به نانوسنسورها امکان می‌دهند تا ارتباطات خود را به طور بهینه در حالت‌های مختلف کانال برنامه‌ریزی کنند و از تابش elektromagnetic داخل ریه‌ها با کاهش ۲۰ درصدی مواجه شوند.[۳]

گرافن و کاربرد آن:

گرافن یک نوع مواد نانوساختاری است که از لایه‌هایی از اتم‌های کربن تشکیل شده است که به طور مسطح و درخشان به هم چسبیده‌اند. این ماده دارای خواص منحصر به فردی مانند هدایت الکتریکی بسیار بالا، مقاومت مکانیکی بالا و قابلیت انعطاف پذیری است. از گرافن به عنوان آنتن انتقالی برای نودهای حسگر استفاده می‌شود. گرافن به دلیل خواص الکتریکی و مکانیکی خود، مناسب برای انتقال سیگنال‌های بی‌سیم در مقیاس نانو است و می‌تواند به توسعه ارتباطات بی‌سیم در این مقیاس کمک کند. این طرح از نانوحسگر رو به پیشرفت بوده. در ادامه روش هایی جایگزین ارتباط نانو-الکترومغناطیسی ارائه شده است .[۳][۹]

5- شبکه سازی نانو حسگر های زیستی برای ارتباط بی سیم در خون به کمک IoBNT و پروتکل moma

اینترنت اشیاء نانو زیستی(IoBNT)، یک رویکرد نوین در زمینه پزشکی و مراقبت های بهداشتی است که از مولکول های بیولوژیکی به عنوان حامل و اطلاعات استفاده می کند و از مکانیسم های ارتباطی موجود در زیست شناسی برای برقراری ارتباط و انجام اطلاعات مورد نیاز بین نانو حسگر های زیستی استفاده می کند. نانوحسگرهای زیستی دستگاه‌هایی هستند که به صورت نانومتری ساخته شده‌اند و برای تشخیص و اندازه‌گیری پارامترهای زیستی مانند فشار خون، غلظت گلوکز، مواد شیمیایی در خون، DNA ، پروتئین‌ها و ... استفاده می‌شوند. این حسگرها معمولاً از مواد نانومتری مانند نانوذرات، نانوسیم‌ها، نانوساختارها یا سلول‌های بیولوژیکی ساخته شده‌اند و قادرند به طور دقیق و حساس به تغییرات موجود در محیط زیستی و بیولوژیکی واکنش نشان دهند.

این حسگرها از مزایایی مانند اندازه کوچک، حساسیت بالا، قابلیت تشخیص سریع و دقیق و همچنین قابلیت کار در محیط‌های زیستی متنوع برخوردارند. با این حال شبکه سازی انها برای برقراری ارتباط درون خون کمی چالش برانگیز است.

پروتکل MoMA (Molecular Multiple Access) یک پروتکل است توسط یک تیم جهانی، از جمله محققان EPFLبرای ارتباطات بی‌سیم میان نانوحسگرهای زیستی و سایر دستگاه‌ها یا سیستم‌ها طراحی شده و توسعه یافته است. این پروتکل از ارتباطات زیست مولکولی برای انتقال داده‌ها استفاده می‌کند، به جای امواج الکترومغناطیسی که در ارتباطات بی‌سیم معمولاً استفاده می‌شود و می توان گفت یک حالت از ارتباط مولکولی است.

پروتکل MoMA به نانوحسگرهای زیستی کمک می‌کند تا داده‌های جمع‌آوری شده توسط آن‌ها را به صورت موثر و بی‌سیم به دستگاه‌های مرکزی یا سیستم‌های دیگر منتقل کنند. این روش از مولکول‌های بیولوژیکی به عنوان حامل اطلاعات استفاده می‌کند، که این امکان ارسال داده‌ها را بدون نیاز به سیم یا امواج الکترومغناطیسی مضر در فضای محدودی مانند درون بدن انسان فراهم می‌آورد. این رویکرد امنیت و حریم خصوصی داده‌ها را نیز تضمین می‌کند.[۴]

6-نتیجه گیری

راه‌های ارتباطی در نانوحسگرها، نشان دادند که با پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه نانوتکنولوژی، امکانات بیشتری برای ارتباطات بی‌سیم در مقیاس نانو و در داخل بدن انسان ایجاد می‌شود و این روش های ارتباطی همچنین رو به پیشرفت است. برای مثال، در اوایل نانو حسگر ها از ارتباط الکترومغناطیسی برای برقراری ارتباط در شبکه استفاده کردند اما با پیشرفت نانو تکنولوژی و توسعه ی نانو حسگر های زیستی، روش هایی همچون ارتباط مولکولی به وجود امدند. اما در این بین پروتکل ها بی تاثیر نیستند. از طریق استفاده از مواد نوآورانه مانند گرافن به عنوان

آنتن انتقالی و پروتکل‌های جدید برای شبکه‌سازی حسگرهای نانو در خون، امکان ایجاد شبکه‌های مولکولی عملی و قابل استقرار فراهم می‌شود که می‌توانند از مزایای بسیاری در زمینه پزشکی و بهداشت بهره‌مند شوند. این پیشرفت‌ها نشان می‌دهد که تکنولوژی نانو می‌تواند از آن بهره‌مندی‌های بسیاری برای بهبود سلامتی و ارتباطات درون بدن انسان به ارمغان آورد.

منابع

[۱] Ian F. Akyildiz , Josep Miquel Jornet

Electromagnetic wireless nanosensor networks

Computer Networks (Elsevier) Journal

(۲۰۱۰)

https://doi.org/10.1016/j.nancom.2010.04.001

[۲] Ian F. Akyildiz

Nanonetworks: A new communication paradigm

Computer Networks (Elsevier) Journal(۲۰۰۸)

https://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.04.001

[۳] Eisa Zarepour, Najmul Hassan, Mahbub Hassan, Chun Tung Chou

Design and Analysis of a Wireless Nanosensor Network forMonitoring Human Lung Cells

Published 2015-12-14Publisher ACM

https://doi.org/10.4108/eai.28-9-2015.2261516

[۴] Tanya Petersen, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne

Networking nano-biosensors for wireless communication in the blood

Provided by Ecole Polytechnique Federale de Lausanne NOVEMBER 22, 2023 phyx

https://phys.org/news/2023-11-networking-nano-biosensors-wireless-communication-blood.html

[۵] Saoucene Mahfoudh ,Areej Omar Balghusoon

Information capacity of pulse-based Wireless Nanosensor Networks

Publisher: IEEE 2011

ACCESS.2020.3035646/10.1109

Areej Omar Balghusoon; Saoucene Mahfoudh [۶]

Routing Protocols for Wireless Nanosensor Networks and Internet of Nano Things: A Comprehensive Survey

Publisher: IEEE 2020

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5984951

Nazim Agoulmine, Kihyun Kim, Sungho Kim, Taiuk Rim, Jeong-Soo Lee, M. Meyyappan [۷]

Enabling communication and cooperation in bio-nanosensor networks: toward innovative healthcare solutions

Publisher: IEEE 2012

MWC.2012.6339471/10.1109

Cui Wang, Sven Otto, Matthias Dorn, Katja Heinze*, and Ute Resch-Genge [۸]

Luminescent TOP Nanosensors for Simultaneously Measuring Temperature, Oxygen, and pH at a Single Excitation Wavelength

Analytical Chemistry 2019 91 (3), 2337-2344

https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.analchem.8b05060

C. N. R. Rao,*ab Kanishka Biswas,ab K. S. Subrahmanyama and A. Govindarajab [۹]

Graphene, the new nanocarbon

Journal of Materials Chemistry Issue 17, 2009

https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2009/jm/b815239j/unauth