

مقالات برتر در ژورنال های  
حامی به چاپ خواهند رسید

مهلت ارسال متن کامل مقاله: ۹۳/۷/۱  
اعلام نتایج دوری مقالات: ۹۳/۸/۱  
آخرین مهلت ثبت نام: ۹۳/۹/۱  
تاریخ برگزاری همایش: ۹۳/۹/۱۳

کمیسیون دوم:

مشهد- ۱۳ آذر- ۱۳۹۳

همایش ملی علوم  
و  
مهندسی کامپیوتر

9th  
SASTech

مهندسی و توسعه پایدار

برگزارکننده:  
موسسه آموزش عالی خاوران

## معرفی شبکه های حسگر چندرسانه ای بی سیم و چالش های آن

بتول سروی قمصری، کیارش میزانیان و مهدی آقا صرام



۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات

گرایش شبکه های کامپیوتری، دانشگاه یزد

۲- استادیار گروه کامپیوتر دانشگاه یزد

۳- استادیار گروه کامپیوتر دانشگاه یزد

sarvi@stu.yazd.ac.ir

نام ارائه دهنده: بتول سروی قمصری

### خلاصه

امروزه یکی از جدیدترین شبکه های ارتباطی در دنیا، شبکه های حسگر چندرسانه ای بی سیم هستند. ویژگی اصلی و منحصر به فرد آن ها توانایی ارسال داده های چندرسانه ای با حجم بسیار زیاد است. با توجه به این که این شبکه ها از حسگرهای کوچک با توانایی کم تشکیل شده اند، پیاده سازی پروتکل های مرسوم در دیگر شبکه ها برای شبکه های حسگر چندرسانه ای بی سیم با چالش هایی روبه رو است. به همین علت به شناخت بیشتر این شبکه ها نیازمندیم. از این رو در این مقاله با شبکه های حسگر چندرسانه ای بی سیم، مؤلفه ها، ویژگی ها و نیازمندی های آن بیشتر آشنا می شویم. هم چنین در ادامه به بررسی معماری مناسب برای این شبکه ها و پشته پروتکلی آن ها می پردازیم. الگوریتم ها، پروتکل ها و چالش های لایه های کاربرد، انتقال، شبکه، MAC و فیزیکی مسائلی است که به صورت جداگانه در انتها بررسی می کنیم.

کلمات کلیدی: شبکه حسگر چندرسانه ای بی سیم، ارتباطات چندرسانه ای، چالش های پشته پروتکلی، کیفیت ارائه خدمات

### ۱. مقدمه

در سال های اخیر با رشد علاقه مندی به شبکه های حسگر بی سیم<sup>۱</sup>، مستندات و مقاله های زیادی انتشار پیدا کرده و نتایج قابل توجه آن ها، موجب تولید برنامه های کاربردی<sup>۲</sup> در زمینه های نظامی و شخصی<sup>۳</sup> شده است. به طور کلی، بیش تر برنامه های کاربردی برای داده های عددی شبکه های حسگر طراحی شده اند که پهنای باند کمی نیاز دارند و معمولاً می توانند تأخیر را تحمل کنند [۱]. از سوی دیگر ساخت تراشه های کم مصرف و دوربین های تک تراشه با پیشرفت در فناوری CMOS امکان پذیر شده است که می توانند به راحتی در فرستنده ها و گیرنده های ارزان جاسازی شوند. اتصال میان منابع

<sup>1</sup> Wireless Sensor Networks

<sup>2</sup> Application

<sup>3</sup> Civilian

چندرسانه‌ای و وسایل ارتباطی مقرون به صرفه، انجام تحقیقات در مورد شبکه‌سازی حسگرهای چندرسانه‌ای را قوت بخشیده است؛ در نتیجه، طی سال‌های اخیر، «شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم»<sup>۱</sup>، یا WMSN‌ها، در زمینه‌های مختلفی چون پردازش سیگنال‌های دیجیتال، ارتباطات، شبکه‌سازی، کنترل و آمار، به‌طور وسیعی مورد توجه تحقیقات قرار گرفتند. شبکه‌های WMSN قادر خواهند بود که جریان‌های چندرسانه‌ای را بازایی و آن‌ها را به‌صورت بلادرنگ<sup>۲</sup> ذخیره و به هم مرتبط سازند و ترکیبی از محتوای چندرسانه‌ای منابع غیرهمگن<sup>۳</sup> را ایجاد نمایند. بیش‌تر برنامه‌های کاربردی بالقوه از WMSN‌ها، باید طوری طراحی شوند که تحویل محتوای چندرسانه‌ای با یک سطح از پیش تعریف شده از کیفیت خدمات<sup>۴</sup> (QoS) همراه باشد. کم کردن مصرف انرژی، یکی دیگر از پارامترهای مهم برای شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم است. هم‌چنین فاکتورهای تفاضل تأخیرها<sup>۵</sup> و تأخیر انتها به انتها جزء فاکتورهای اصلی و مهم هستند. تحویل محتوای چندرسانه‌ای نیز در شبکه‌های حسگر، چالش‌های زیادی را برای طراحی این شبکه‌ها مطرح می‌کند [۱-۴].

روند مطالعه در این مقاله به این صورت است که در بخش دوم کاربردهای متنوع WMSN در زمینه‌های مختلف را معرفی خواهیم کرد. در بخش سوم معماری‌های شبکه موجود از WMSN را خواهیم دید. هم‌چنین مؤلفه‌های موجود در این نوع شبکه‌ها را بررسی خواهیم کرد. در بخش چهارم با دید انتزاعی پنج لایه‌ای، پشته ارتباطی موجود در ساختار این شبکه و چالش‌های هر لایه در آن را بررسی و موضوعات تحقیقاتی باز در هر لایه را معرفی می‌کنیم.

## ۲. برنامه‌های کاربردی از شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم

شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم نه تنها برنامه‌های کاربردی شبکه‌های حسگر موجود مثل اتوماسیون خودکار، ردیابی<sup>۶</sup> و نظارت بر محیط زیست<sup>۷</sup> را تسهیل می‌بخشند بلکه چندین کاربرد جدید را نیز ایجاد کرده‌اند که به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند [۱]، [۲].

- ✓ شبکه‌های حسگر نظارتی<sup>۸</sup> چندرسانه‌ای
- ✓ اجتناب از ترافیک، سامانه‌های کنترلی و اجرایی
- ✓ ارائه مراقبت‌های بهداشتی پیشرفته
- ✓ مراقبت و نظارت بر محیط زیست
- ✓ کنترل فرایندهای صنعتی

## ۳. معماری WMSN و عوامل مؤثر بر طراحی آن

### ۳.۱. مقدمه‌ای بر معماری شبکه‌های حسگر

یکی از مشکلات مهم، طراحی معماری مقیاس‌پذیر<sup>۹</sup> برای WMSN است. بیش‌تر پیشنهادها برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بر اساس ساختار مسطح<sup>۱۰</sup> صورت می‌گیرد. ساختار مسطح، معماری همگنی<sup>۱۱</sup> است که همه حسگرها توانایی‌های فیزیکی یکسانی دارند و فقط می‌توانند با همسایگان خود ارتباط داشته باشند. در گذشته، تحقیقات روی الگوریتم‌ها و پروتکل‌ها برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بر روی مقیاس‌پذیری تمرکز داشت، به‌طوری‌که با افزایش حسگرها و رشد شبکه، کارایی الگوریتم‌ها و شبکه محدود نشود. هم‌بندی<sup>۱۲</sup> مسطح، ممکن است که همیشه برای کنترل کردن حجم زیاد ترافیک تولید شده به‌وسیله‌ی برنامه‌های کاربردی چندرسانه‌ای شامل ویدئو و صوت مناسب نباشد. هم‌چنین ممکن است که در همه گره‌ها قدرت

<sup>1</sup> Wireless Multimedia Sensor Networks

<sup>2</sup> Real-time

<sup>3</sup> Heterogeneous

<sup>4</sup> Quality of Service

<sup>5</sup> Jitter

<sup>6</sup> Tracking

<sup>7</sup> Environmental monitoring

<sup>8</sup> Surveillance

<sup>9</sup> Scalable

<sup>10</sup> Flat

<sup>11</sup> Homogenous

<sup>12</sup> Topology

پردازشی مورد نیاز برای پردازش داده‌ها و درک ارتباط میان آن‌ها و انرژی مورد نیاز برای انجام فعالیت‌های پردازشی وجود نداشته باشد. از این رو معماری مسطح مرسوم، برای WMSN‌ها مناسب نیست [۱].

### ۲.۰۳. معماری مرجع

یک معماری مرجع از شبکه‌های WMSN در شکل ۱ ارائه شده که در آن‌ها نقش هر یک از مؤلفه‌های شبکه متفاوت است [۲]. هم‌چنین شکل ۱، سه نوع معماری لایه‌ای را برای حسگرها نشان می‌دهد که بعد از معرفی اجزای شبکه‌های WMSN به توضیح آن‌ها نیز می‌پردازیم.

### ۱.۲.۳. معرفی مؤلفه‌های WMSN

#### ✓ حسگرهای استاندارد صوتی و تصویری

این حسگرها رویدادها، صدا و تصاویر ثابت و متحرک را ذخیره می‌کنند که بیش‌تر آن‌ها از رزولوشن پایینی برخوردار هستند.

#### ✓ حسگرهای عددی

این حسگرها داده‌های عددی و ویژگی‌های فیزیکی را جمع‌آوری می‌کنند و به سرخوشه‌ها<sup>۱</sup> گزارش می‌دهند. این حسگرها، انرژی و ظرفیت ذخیره‌سازی و توانایی پردازشی محدودی دارند.

#### ✓ واحدهای پردازش چندرسانه‌ای<sup>۲</sup>

این گره‌ها در مقایسه با بقیه از توان محاسباتی بالایی برخوردارند و برای جمع‌آوری جریان‌های چندرسانه‌ای از حسگرهای منفرد مناسب هستند. این کار باعث کاهش ابعاد و حجم داده‌های ارسالی به گره چاهک شده و حافظه سخت‌افزاری کمتری را برای ذخیره‌سازی اشغال می‌کند.

#### ✓ واحد ذخیره‌سازی<sup>۳</sup>

بر اساس برنامه‌های کاربردی، داده‌ها یا به‌صورت بلادرنگ و یا بعد از پردازش مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گره‌ها به ما اجازه داده‌کاوی و استخراج ویژگی از داده‌ها را می‌دهند به طوری که قبل از ارسال داده‌ها به کاربر نهایی می‌توانیم با به‌کارگیری الگوریتم‌های استخراج، ویژگی‌های هر رخداد را شناسایی کنیم.

#### ✓ چاهک<sup>۴</sup>

این گره مسئول بسته‌بندی درخواست‌های سطح کاربر است که به طور مستقیم به شبکه ارسال می‌شود و هم‌چنین بخش‌هایی از جریان‌های چندرسانه‌ای را که توسط درخواست‌ها مشخص شده به کاربر برمی‌گرداند و دیگر بخش‌ها را فیلتر می‌کند. ممکن است که برای یک شبکه‌ی بزرگ و یا غیرهمگن چندین چاهک مورد نیاز باشد.

#### ✓ گذرگاه<sup>۵</sup>

آخرین نقطه که متصل به چاهک است و ارتباط با اینترنت را فراهم می‌کند. تنها گره در ساختار WMSN که IP دارد. این مؤلفه تخمین جغرافیایی از محدوده‌ی تحت پوشش خود دارد و وظایف را بر اساس اطلاعاتی که از هر چاهک ارسال می‌شود، تخصیص می‌دهد.

#### ✓ کاربران

کاربران بالاترین سطح در ساختار سلسله‌مراتبی WMSN هستند و نظارت بر وظایف WMSN‌ها را بر اساس موقعیت جغرافیایی انجام می‌دهند. آن‌ها از طریق IP شناخته می‌شوند و نرم‌افزارهای برنامه‌های کاربردی را اجرا، دستورات پرس‌وجوها را به شبکه ارسال کرده و نتایج بازگردانده شده را نمایش می‌دهند.

### ۲.۲.۳. انواع معماری حسگرها

<sup>1</sup> Cluster head

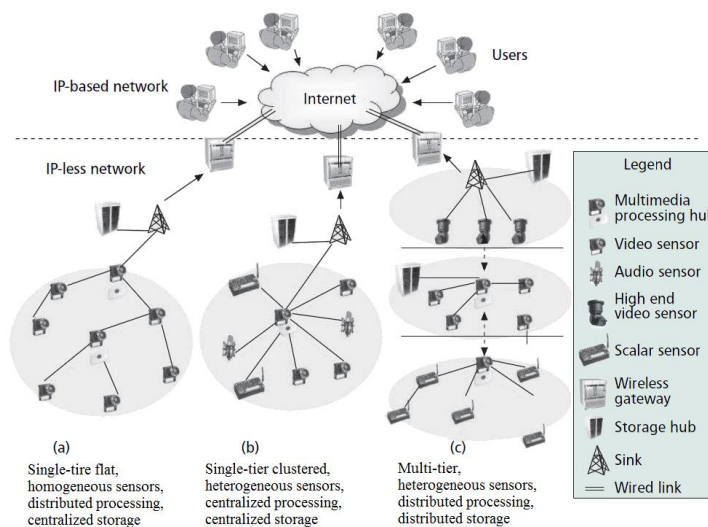
<sup>2</sup> Multimedia processing hubs

<sup>3</sup> Storage hubs

<sup>4</sup> Sink

<sup>5</sup> Gateway

در شکل ۱، یک معماری مرجع از شبکه‌های WMSN ارائه شده که در آن سه نوع شبکه از حسگرها با ویژگی‌های متفاوت نشان داده شده‌اند. اولین ابر سمت چپ در شکل ۱ (که با حرف a نشان داده شده است) یک معماری تک لایه‌ای همگن از حسگرهای ویدئویی را نشان می‌دهد. این حسگرها توانایی پردازشی بالایی دارند و به آن‌ها واحدهای پردازشی می‌گویند. اجتماع حسگرهای پردازشی یک معماری پردازشی توزیع شده را تشکیل می‌دهند. در این ساختار محتوای چندرسانه‌ای با چند گام به طرف گذرگاه‌ها هدایت می‌شود. گذرگاه‌ها نیز با گره‌های ذخیره‌سازی در ارتباط هستند و داده‌های چندرسانه‌ای را برای بازیابی‌های بعدی ذخیره می‌کنند. واضح است که برای این گره‌ها، برنامه‌های کاربردی پیچیده‌تری لازم است که بتوانند ساختار پردازشی توزیع شده را کنترل کنند. ابر دوم (b) یک معماری خوشه‌بندی تک لایه‌ای را نمایش می‌دهد. در این ساختار حسگرهای صوتی، تصویری و عددی داده‌های خود را به سرخوشه‌ها ارسال می‌کنند. سرخوشه‌ها از قدرت پردازشی بالاتری برخوردار هستند و داده‌های جمع‌آوری شده را به گذرگاه‌های بی‌سیم هدایت می‌کنند؛ بنابراین در این نوع شبکه‌ها پردازش و ذخیره‌سازی به صورت متمرکز انجام می‌شود. مزیت اصلی استفاده از ساختار سلسله مراتبی مقیاس‌پذیری آن و بهبود در کارایی انرژی است. ابر سوم (c) نمایشی از یک شبکه چند لایه‌ای با حسگرهای غیرهمگن است. در این ساختار هر گروه، بر اساس منابع و توانایی‌های خود عمل می‌کند. به عنوان مثال حسگرهای عددی با توان کم، وظایف ساده را انجام داده و آن‌ها را به واحدهای پردازشی ارسال می‌کنند در حالی که سخت‌افزارهای با توان بالا، مسئول وظایف پیچیده‌تر مثل پردازش و ذخیره‌سازی هستند.



شکل ۱: معماری مرجع WMSN [۲]

### ۳.۳. آرایش حسگر چند-لایه‌ای در مقایسه با تک-لایه‌ای

یک روش برای طراحی برنامه‌های کاربردی حسگرهای چندرسانه‌ای، گسترش حسگرهای همگن است که در آن همه حسگرها توانایی‌های یکسان دارند که از این طراحی در معماری‌های مسطح شبکه استفاده می‌کنند. روش دیگر معماری چند لایه‌ای است که در آن عناصر غیرهمگن هستند. به عنوان مثال برنامه‌های کاربردی نظارتی<sup>۱</sup>، از دوربین‌های با دقت پایین برای تشخیص تحرک و یا نفوذ استفاده می‌کنند در حالی که دوربین‌های با دقت بالا را برای ردیابی و تشخیص اشیاء به کار می‌برند. معماری چند لایه‌ای با هدف استفاده از حسگرهای ساده‌تر و کم توان‌تر برای وظایف ساده و کم مصرف و بهره‌گیری از حسگرهای با دقت بیشتر برای کارهای پیچیده و پرمصرف ایجاد شدند. بر همین اساس معماری چند لایه‌ای نسبت به معماری تک لایه‌ای از مقیاس‌پذیری بیشتر، هزینه‌ی کمتر، پوشش<sup>۲</sup> بهتر، کارایی بالاتر و قابلیت اطمینان بهتری برخوردار است [۱].

### ۴.۳. عوامل مؤثر بر طراحی شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای

در ادامه چند عامل تأثیرگذار بر طراحی WMSN را معرفی کرده‌ایم. توضیحات بیش‌تر را می‌توانید در [۱]، [۲] دنبال کنید.

✓ محدودیت منابع

<sup>1</sup> Surveillance application

<sup>2</sup> Coverage

- ✓ ظرفیت کانال متغیر
- ✓ قابلیت دید بین لایه‌ای<sup>۱</sup>
- ✓ الزامات برنامه کاربری خاص جهت تأمین QoS
- ✓ تقاضای پهنای باند بالا
- ✓ تکنیک‌های کدگذاری<sup>۲</sup> منبع چندرسانه‌ای
- ✓ پردازش محتوای چندرسانه‌ای درون شبکه<sup>۳</sup>
- ✓ مصرف انرژی
- ✓ معماری قابل انعطاف برای پشتیبانی از برنامه‌های کاربردی غیرهمگن
- ✓ یکپارچگی با معماری اینترنت (IP)

در این بخش با معماری و مؤلفه‌های WMSN آشنا شدیم که از الزامات بررسی این شبکه‌ها است و دانستن آن‌ها به درک چالش‌های موجود در این شبکه‌ها کمک شایانی می‌کند. در بخش بعدی هر لایه از پشته پروتکل ارتباطی در WMSN و چالش‌های هر کدام را بررسی می‌کنیم.

#### ۴. بررسی لایه‌های پشته پروتکلی در WMSN و چالش‌های موجود در هر لایه

در این بخش، لایه‌های مختلف از پشته پروتکل ارتباطی را بررسی و در مورد چالش‌های موجود در هر لایه بحث می‌کنیم که هر کدام از آن‌ها می‌توانند برای تحقیق و مطالعه بر روی WMSN‌ها مناسب باشند [۱-۳]. این چالش‌ها به‌طور خلاصه در شکل ۲ بیان شده است.

##### ۱.۴ لایه کاربرد

در این بخش، چالش‌ها و قابلیت‌ها را در لایه کاربرد با در نظر گرفتن کلاس‌های ترافیکی مختلفی که ممکن است در برنامه کاربردی WMSN دیده شوند، بازبینی می‌کنیم. این کلاس‌های ترافیکی به‌طور مختصر در جدول ۱ نشان داده شده است. سرویس‌های پیشنهاد شده در لایه کاربرد شامل موارد زیر می‌شود.

- ✓ فراهم کردن مدیریت ترافیک و قابلیت‌های کنترل پذیرش<sup>۴</sup>؛ مانند جلوگیری کردن از برنامه‌های کاربردی که خواستار برقراری جریان‌های داده‌ای در زمانی که منابع مورد نیاز در شبکه موجود نیست.
- ✓ انجام کدگذاری منبع بر طبق نیازمندی‌های برنامه کاربردی و محدودیت‌های سخت‌افزاری با استفاده از تکنیک‌های کدگذاری پیشرفته چندرسانه‌ای.
- ✓ ارائه انعطاف‌پذیری و کارایی نرم‌افزاری سیستم؛ مانند: سیستم‌عامل‌ها و میان‌افزار برای ارائه خدمات به لایه‌های بالاتر از آن‌ها در برنامه‌های کاربردی.
- ✓ ارائه تکنیک‌های پردازش پیشرفته درون شبکه‌ی چندرسانه‌ای و همکاری و مشارکت میان برنامه‌های کاربردی.

##### ۱.۱.۴ تکنیک‌های کدگذاری چندرسانه‌ای

در نمونه‌های همه پخشی<sup>۵</sup> قدیمی با استفاده از تکنیک کدگذاری پیش‌گویانه، جریان‌های ویدئویی یک‌بار در کدکننده فشرده و چندین بار در مقصدها کدگشایی می‌شدند. فرمت‌های MPEG، H.263 و H.264 از این روش استفاده کرده و نرخ بیت تولید شده را کاهش می‌دهند. از این رو مستلزم مصرف انرژی بالایی هستند. این در حالی است که کدگشاها ساده و از هزینه‌ی پردازشی پایینی برخوردار هستند. برای استانداردهای فشرده‌سازی

<sup>1</sup> Cross-layer

<sup>2</sup> Coding

<sup>3</sup> Multimedia in-network processing

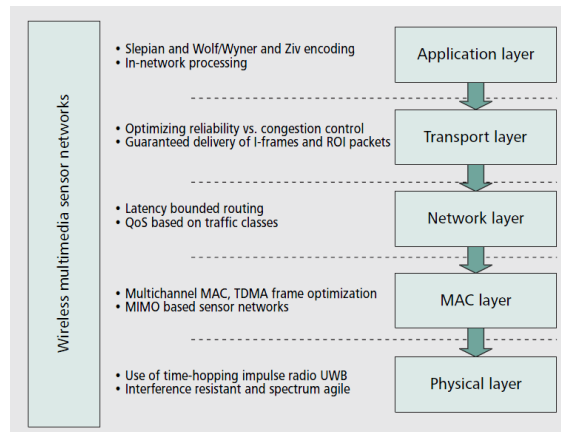
<sup>4</sup> Admission control functionalities

<sup>5</sup> Broadcast

ویدئویی مثل MPEG یا H.263 و H.264، کدکننده‌ها پنج برابر پیچیده‌تر از کدگشاها هستند. از طرف دیگر کم‌هزینه بودن و کم بودن انرژی حسگرهای چندرسانه‌ای اجبار می‌کند که کدکننده‌ها ساده باشند اما کارایی و قابلیت بالای فشرده‌سازی خود را حفظ کنند [۱]، [۲]. خوشبختانه مطالعاتی در این زمینه انجام شده و در آن کدگشاها به‌جای کدگذارها از آمارهای منبع استفاده می‌کند تا بتواند یک فشرده‌سازی مؤثر را به دست بیاورند. در این روش تعادلی میان کدگذارهای پیچیده و کدگشاهای ساده برقرار شده است. تکنیکی که این هدف را محقق می‌سازد معمولاً به نام **کدگذاری منبع توزیع‌شده**<sup>۱</sup> شناخته می‌شود. این کدگذاری به فشرده‌سازی اشاره می‌کند که در آن داده‌های چندین منابع اطلاعاتی همبسته<sup>۲</sup> را فشرده می‌کند به طوری که هیچ یک از این منابع با دیگری ارتباط ندارد. واضح است که این نوع تکنیک‌ها برای WMSNها بسیار پیشنهاد می‌شود. در این نوع از شبکه‌ها کدگذارهای ساده می‌توانند در حسگرها و کدگشاهای پیچیده در گره‌های چاهک قرار بگیرند [۱].

#### اهداف اصلی از طراحی تکنیک‌های فشرده‌سازی:

- ✓ **کارایی بالای فشرده‌سازی:** به دست آوردن بهره‌وری زیاد از فشرده‌سازی باعث کاهش مؤثر پهنای باند و انرژی مصرفی می‌شود.
- ✓ **پیچیدگی کم:** کدکننده‌های چندرسانه‌ای درون حسگرها تعبیه شده‌اند. از این رو آن‌ها باید از پیچیدگی کمی برخوردار باشند تا باعث کاهش هزینه و توان مصرفی شود و طول عمر گره‌های حسگر افزایش یابد.
- ✓ **حالت ارتجاعی خطا:** امکان ارسال قابل‌اطمینان داده‌ها را روی کانال‌های پر خطا فراهم می‌کند.



شکل ۲: چالش‌های تحقیقاتی در لایه‌های مختلف از پشته‌ی پروتکلی [۲]

#### ۲.۱.۴. پردازش درون شبکه مشترک<sup>۴</sup>

از برخی منابع داده‌ای مثل جریان‌های ویدئویی می‌توان اطلاعات متفاوتی را متناسب با برنامه‌های کاربردی مختلف استخراج کرد. این کار به پردازش<sup>۵</sup> و پرس‌وجو<sup>۶</sup> برای برنامه‌های کاربردی خاص نیاز دارد. از این رو نیازمند توسعه زبان‌های پرس‌وجوی کارآمد، فیلترینگ توزیع‌شده و معماری پردازش درون شبکه هستیم تا بتوانیم پردازش بلادرنگ و بازیابی اطلاعات مفید را از شبکه داشته باشیم. در حال حاضر، پردازش درون شبکه‌ای و پردازش توزیع‌شده برای داده‌های عددی وجود دارد ولی برای پردازش محتوای چندرسانه‌ای طراحی نشده و مناسب WMSNها نیستند [۱]، [۳].

#### ۳.۱.۴. نرم‌افزار سیستم<sup>۷</sup> و میان‌افزار<sup>۸</sup>

برای ایجاد یک انتزاع عملکردی و جمع‌آوری اطلاعات عددی و چندرسانه‌ای از حسگرها از طریق برنامه‌های کاربردی موجود، نیاز به توسعه نرم‌افزار سیستم کارآمد و قابل انعطاف داریم که یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی محققین برای مدیریت داده‌های غیرهمگن و پیچیدگی شبکه‌ی

<sup>۱</sup> Distributed source coding

<sup>۲</sup> Correlated

<sup>۳</sup> Error resiliency

<sup>۴</sup> Collaborative in-network processing

<sup>۵</sup> Processing

<sup>۶</sup> Querying

<sup>۷</sup> System software

<sup>۸</sup> Middleware

حسگرها است. لغت نرم‌افزار سیستم به سیستم‌عامل، ماشین‌های مجازی و میان‌افزار اطلاق می‌شود که سرویس‌های ویژه‌ای را به لایه بالاتر (کاربرد) ارائه می‌کنند. برای درک بهتر این لایه‌بندی به شکل ۳ مراجعه کنید.

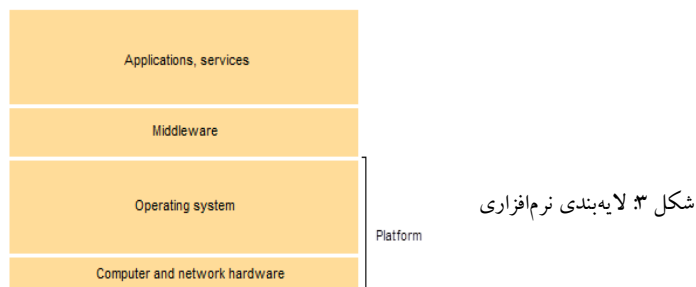
جدول ۱: کلاس‌های ترافیکی [۲]

Class type	Data type	Bandwidth	Description
Real-time, loss-tolerant	Multimedia	High	Multilevel streams composed of video/audio and other scalar data (e.g., temperature readings), as well as metadata associated with the stream, that need to reach the user in real time
Delay-tolerant, loss-tolerant	Multimedia	High	Streams intended for storage or subsequent offline processing that need to be delivered quickly due to the limited buffers of multimedia sensors
Real-time, loss-tolerant	Data	Moderate	Monitoring data from densely deployed scalar sensors characterized by spatial correlation or loss-tolerant snapshot multimedia data (e.g., images of a phenomenon taken from multiple viewpoints at the same time)
Real-time, loss-tolerant	Data	Moderate	Data from time-critical monitoring processes such as distributed control applications
Delay-tolerant, loss-intolerant	Data	Moderate	Data from monitoring processes that require some form of offline post processing
Delay-tolerant, loss-tolerant	Data	Low	Environmental data from scalar sensor networks or non-time-critical snapshot multimedia content

تفاوت برنامه‌های کاربردی حسگرهای چندرسانه‌ای با مؤلفه‌های موجود در شبکه‌های حسگر معمولی نیازمندی‌های ضروری را برای نرم‌افزار سیستم متعلق به WMSN مطرح می‌کند. برخی از این ویژگی‌های مهم و اساسی برای نرم‌افزار سیستم را در ادامه معرفی می‌کنیم [۱].

- ✓ ارائه یک واسط سطح بالا و کارآمد برای مشخص کردن رفتار سیستم حسگر
- ✓ امکان مشخص کردن الگوریتم‌های برنامه‌های کاربردی خاص توسط کاربر برای پردازش درون شبکه داده‌های چندرسانه‌ای
- ✓ طول عمر زیاد و مقیاس‌پذیری
- ✓ امکان به اشتراک گذاشتن میان چندین برنامه کاربردی غیرهمگن
- ✓ امکان به اشتراک گذاشتن میان حسگرها و بسترهای غیرهمگن

به‌طور خلاصه، با بیان یک انتزاع نرم‌افزار لایه‌ای از سیستم، تولید نرم‌افزار سیستم و پنهان کردن نحوه‌ی عملکرد سطوح پایین از دید توسعه‌دهندگان و به دنبال آن تعریف مؤلفه‌های مورد استفاده در چندین برنامه کاربردی می‌توانیم کارایی و کارآمدی شبکه‌های حسگر را به‌خصوص در پردازش درون شبکه‌ای داده‌های چندرسانه‌ای افزایش دهیم.



#### ۴.۱.۴. مسائل تحقیقاتی باز در لایه کاربرد

- (۱) شیوه‌های کدگذاری با در نظر گرفتن میزان مصرف انرژی
- (۲) وجود نیاز برای انتزاع سطح بالای نرم‌افزاری جهت توسعه برنامه‌های کاربردی کارآمد با توجه به محدود بودن منابع در حسگرها و کنترل کارآمدی عملکرد لایه پایین
- (۳) نیاز به برنامه‌های کاربردی سطح بالا برای همکاری درون شبکه و تکنیک‌های پیشرفته پردازش چندرسانه‌ای درون شبکه

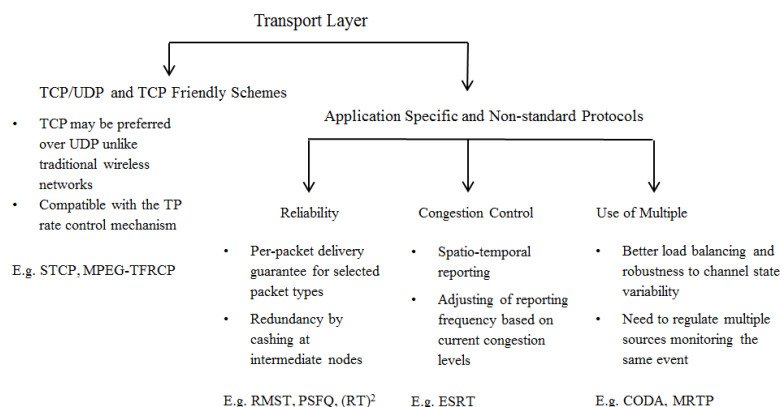
## ۲.۴. لایه انتقال<sup>۱</sup>

لایه انتقال در برنامه‌هایی که نرخ داده‌ی بالایی را تولید می‌کنند، دو وظیفه مهم را بر عهده دارد. یکی مهیا کردن قابلیت اطمینان<sup>۲</sup> برای انتقال انتها به انتها و دیگری ارائه مکانیزم‌های کنترل ازدحام<sup>۳</sup> که برای WMSN این دو وظیفه نیز از اهمیت زیادی برخوردار هستند. عدم وجود این دو ویژگی در WMSN‌ها مشکلات زیادی را مخصوصاً برای جریان‌های ویدئویی و ارسال‌های بلادرنگ به وجود می‌آورد؛ بنابراین فراهم کردن این دو ویژگی برای WMSN از چالش‌های اساسی در این لایه به حساب می‌آیند.

در ادامه پروتکل‌های لایه انتقال را به دو گروه دسته‌بندی می‌کنیم. (۱) TCP/UDP و الگوهای مشابه TCP (۲) پروتکل‌های غیراستاندارد و برنامه‌های کاربردی خاص. در شکل ۴ به صورت نموداری می‌توانید این دسته‌بندی‌ها را مشاهده کنید [۱].

### ۱.۲.۴ پروتکل‌های TCP/UDP و الگوهای مشابه TCP برای WMSN‌ها

به دلیل اینکه به موقع بودن ارسال در UDP نسبت به قابلیت اطمینان ارسال داده‌ها در TCP برای داده‌های جریانی از اهمیت بیش‌تری برخوردار است، برای برنامه‌های کاربردی بلادرنگ مثل رسانه‌های جریانی<sup>۴</sup> پروتکل UDP نسبت به TCP برتری دارد. اگرچه که در WMSN‌ها، این انتظار وجود دارد که به دلیل فشرده‌سازی در مبدأ، افزونگی کاهش پیدا کند ولی باز هم امکان افزایش سربار کنترلی انتقال روی منابع محدود حسگرها وجود دارد. لذا دو ویژگی از UDP که در WMSN‌ها از اهمیت بیش‌تری برخوردارند "اثرات حذف بسته‌ها در UDP" و "پشتیبانی برای ترافیک‌های غیرهمگن" هستند؛ بنابراین ما اعتقاد داریم که پروتکل TCP همراه با تغییرات مناسب برای WMSN‌ها از UDP بهتر عمل می‌کند و برتری دارد. علاوه بر مشکلات بالا، مشکلات دیگری نیز در TCP شناسایی شده و راه‌حلی نیز در نظر گرفته شده است. مشکلاتی از قبیل سربار مکانیزم‌های قابلیت اطمینان ارسال در TCP و مرتب کردن جریان‌های داده‌ای که از طریق چند اتصال TCP منتقل شده‌اند.



شکل ۴: دسته‌بندی از پروتکل‌های لایه انتقال [۱]

### ۲.۲.۴ پروتکل‌های غیراستاندارد و برنامه‌های کاربردی خاص

در پروتکل TCP ویژگی‌های قابلیت اطمینان، کنترل ازدحام و استفاده از چند مسیر برای ارسال داده برای محتواهای چندرسانه‌ای نامناسب هستند. لذا در برخی از پروتکل‌هایی که به صورت استاندارد ثبت نشده و هم‌چنین در برخی از برنامه‌های کاربردی خاص، شیوه‌هایی مطرح شده که در هر کدام یک یا چند ویژگی نامناسب از TCP را متناسب با اهداف خود تغییر داده و بهبودهایی را در مورد این پروتکل ایجاد کرده‌اند.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌کنید برای هر کدام از ویژگی‌های نامناسب تدابیری اندیشیده شده که آن‌ها برای WMSN‌ها مناسب شوند. به عنوان مثال ویژگی نامناسب قابلیت اطمینان، با استفاده از caching و یا فراهم کردن قابلیت اطمینان فقط برای بسته‌های خاص بهبود بخشیده شده‌اند.

<sup>1</sup> Transport layer

<sup>2</sup> Reliability

<sup>3</sup> Congestion control

<sup>4</sup> Streaming media



### ۳.۲.۴. مسائل تحقیقاتی باز در لایه انتقال

به طور خلاصه مکانیزم‌های موجود در لایه انتقال هنوز هم برای WMSN‌ها چالش برانگیز هستند. در ادامه سه مورد از مسائل تحقیقاتی را مطرح می‌کنیم که در ارتباط با پروتکل‌های لایه انتقال هستند [۱-۳].

- (۱) جایگزینی<sup>۱</sup> بین قابلیت اطمینان و کنترل ازدحام
- (۲) حمایت از ارتباطات بلادرنگ
- (۳) ارتباط بین نرخ کدگذاری چندرسانه‌ای و قابلیت اطمینان<sup>۲</sup>

### ۳.۴. لایه شبکه

وظیفه چالش برانگیز لایه شبکه تضمین QoS متغیر است. هر یک از کلاس‌های ترافیکی مطرح شده در جدول ۱ نیز نیازمندی‌های QoS خود را دارند که باید در لایه شبکه با محیط سازگار شوند.

نقاط تحقیقاتی دیگری از لایه شبکه نیز برای محققان مهم شده که به وسیله محدودیت‌های موجود در برنامه‌های چندرسانه‌ای وجود دارند. این نقاط ضعف فقدان یک دانش عمومی، کم بودن انرژی و توانایی محاسباتی در هر گره منفرد هستند. در این لایه بیش تر تحقیقات موجود مربوط به دو توانایی‌های لایه شبکه است. ۱- آدرس دهی و محلی کردن ۲- مسیریابی.

### ۱.۳.۴. آدرس دهی و محلی کردن

در شبکه‌های WMSN بزرگ لازم است که هر گره بتواند توسط اینترنت نظارت شود و قابل دسترس باشد. مشکل آدرس دهی جهانی با IPv6 قابل حل است اما به شرطی که هر حسگر آدرس MAC خودش را داشته باشد تا بتواند یک آدرس IPv6 کامل درست کند؛ اما با این روش نیز به دلیل ۱۶ بایت فیلد آدرس دهی سربار زیادی به هر بسته داده‌ای از حسگر تحمیل می‌شود. پس به این سادگی قابل حل نیست. روش‌های دیگری نیز از طریق الگوهای مشابه برای تعریف یک ID در شبکه مطرح شده است ولی به دلیل اینکه با ساختار آدرس دهی جهانی و IP استاندارد نشده‌اند، خطر ناسازگاری آن‌ها وجود دارد. محلی کردن پردازش‌ها با داشتن اطلاعات مکانی حسگرها برای کاهش نرخ داده انتقالی در WMSN‌ها از ویژگی‌های بسیار مهم برای این شبکه‌ها محسوب می‌شود.

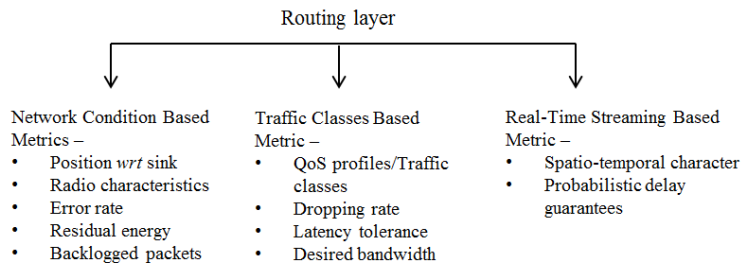
### ۲.۳.۴. مسیریابی

داده‌های جمع آوری شده توسط حسگرها به چاهک ارسال می‌شود و در آنجا اطلاعات مفید و لازم برای کاربر از آن‌ها استخراج می‌شود. مطالعات جامعی از الگوهای عمده مسیریابی در مرجع [۴] وجود دارد. اهمیت مسیریابی در WMSN به دلیل نیازمندی‌های متفاوت برنامه‌های جریانی چندرسانه‌ای است. وجود این نیازمندی‌های متفاوت منجر به تولید روش‌های متفاوت مسیریابی برای این شبکه‌ها شده است. با توجه به اینکه هر کدام از مسیریابی‌ها برخی از ویژگی‌های خاص WMSN‌ها را تأمین می‌کنند، می‌توانیم آن‌ها را به سه دسته عمده تقسیم بندی کنیم. برای درک بهتر، این دسته بندی به صورت شاخه‌ای در شکل ۵ بیان شده است.

- (۱) مسیریابی‌هایی که بر اساس شرایط حاکم بر شبکه، کانال و لینک ارتباطی طراحی شده‌اند.
- (۲) مسیریابی‌هایی که بر اساس کلاس‌های ترافیکی که بسته‌ها را اولویت بندی می‌کنند به وجود آمده‌اند.
- (۳) پروتکل‌های خاصی که برای ارسال جریانی داده‌های بلادرنگ مطرح شده‌اند.

<sup>1</sup> Trade-off

<sup>2</sup> Relation between multimedia coding rate and reliability



شکل ۵: دسته‌بندی پروتکل‌های مسیریابی موجود [۱]

### ۳.۳.۴. مسائل تحقیقاتی باز در لایه شبکه

شناسایی متریک‌های مسیریابی بهینه یکی از حیطه‌های ادامه‌دار تحقیقاتی است. بیش‌تر پروتکل‌های مسیریابی، بیش از یک متریک را در نظر می‌گیرند. انتخاب وزن برای این متریک‌ها در تابع هزینه وزن یکی از تصمیماتی است که باید خردمندانه باشد. این انتخاب خردمندانه برای شبکه‌های پویا آسان نیست؛ بنابراین این مسئله یکی از موضوعات باز تحقیقاتی محسوب می‌شود. از دیگر مسائل باز، تضمین QoS بین دو انتهای مسیر با وجود تفاوت‌های ارتباطات سیمی و بی‌سیم در یک شبکه است. در حال حاضر میزان متریک‌ها از مبدأ تا مقصد نهایی در مسیر یکسان در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که در شبکه‌های پویای موجود که هم از فناوری سیمی و هم بی‌سیم برای برقراری ارتباطات استفاده می‌شود، ویژگی‌هایی مثل پهنای باند برای کل مسیر نباید یکسان در نظر گرفته شود. این مسئله یکی دیگر از مسائل تحقیقاتی باز در این حیطه است. برای مطالعه بیش‌تر در این لایه و بررسی چالش‌های دیگر در حیطه مسیریابی مرجع [۵] را به خواننده توصیه می‌کنیم که دید متفاوت و خاصی را در این زمینه ارائه می‌کند.

### ۴.۴. لایه MAC و لینک

دو کارایی‌های مهم و اصلی لایه MAC " داوری بر روی به دست آوردن کانال " و " ارائه کنترل خطا و الگوهای بازبازی داده‌ها " است. روش‌ها و نگرش‌های زیادی برای دسترسی به کانال بر اساس رقابت وجود دارد، هم‌چنین می‌توان از پروتکل‌هایی که بدون رقابت به کانال دسترسی پیدا می‌کنند، برای WMSN استفاده کرد. ما هم‌چنین فاکتورهای تأثیرگذار بر روی انتخاب الگوی تصحیح خطای روبه‌جلو (FEC)<sup>۱</sup> را بررسی می‌کنیم که برای مقابله با تکرار خودکار درخواست (ARQ)<sup>۲</sup> به کار می‌رود [۱].

### ۱.۴.۴. سیاست‌های دسترسی به کانال

برخی از پروتکل‌های MAC بر اساس نحوه‌ی دسترسی به کانال، ویژگی‌هایی همچون سطح بالایی از توان عملیاتی لینک، خطای کم و یا تضمین QoS برای هر نوع بسته دریافتی را ارائه می‌کنند. دو دسته از این پروتکل‌ها بر اساس نحوه‌ی دسترسی به کانال به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند.

#### ✓ پروتکل‌های بر اساس رقابت

بیش‌تر پروتکل‌های این دسته از CSMA/CA در لایه MAC استفاده می‌کنند. در این شیوه وقتی گره‌ای در حال انتقال داده است، مانع این می‌شود که دیگر گره‌ها به گره مقصد داده ارسال کنند. از نتایج نامناسب در استفاده از این روش، تأخیر غیرقابل کنترل و بهبودگی مصرف انرژی در حالت idle بودن است. برخی از پروتکل‌ها بجای idle بودن گره‌ها از حالت خواب<sup>۳</sup> برای گره‌ها استفاده می‌کنند که به این صورت مصرف انرژی کم و انرژی ذخیره می‌شود.

#### ✓ پروتکل‌های کانال منفرد بدون رقابت

<sup>1</sup> Forward Error Correction  
<sup>2</sup> Automatic Repeat Request  
<sup>3</sup> Sleep

پروتکل‌هایی که بر اساس TDMA<sup>1</sup> عمل می‌کنند در این دسته قرار می‌گیرند. در این روش برای هر فریم یک دوره زمانی کوچک رزرو شده و زمان کلی به صورت چرخشی و بدون رقابت میان کانال‌های مختلف تقسیم می‌شود و در هر بار به اندازه مشخص شده به فریم تخصیص می‌یابد. انتخاب بازه زمانی رزرو شده توسط هر فریم و طول متغیر فریم‌های TDMA خود مسئله‌ای پیچیده برای این پروتکل‌ها است. شیوه TDMA برای شبکه‌های حسگر اغلب باعث محدودیت مقیاس‌پذیری و پیچیدگی زمان‌بندی می‌شوند که مشکلات تفاوت clock و همگامی<sup>2</sup> را نیز دنبال دارد. برخلاف TDMAها که هدفشان منحصراً رزرو کردن کانال بر اساس زمان است. سامانه‌های آنتنی MIMO<sup>3</sup> از تکنیک‌های حذف تداخل استفاده می‌کنند. در این تکنیک برای افزایش کارایی از چندین کانال رادیویی بین فرستنده و گیرنده استفاده می‌شود ولی باید در نظر داشت که گره فقط یک آنتن فیزیکی دارد و از چندین سیگنال استفاده می‌کند. این ویژگی مسائل زیادی را در شبکه‌های WMSN ایجاد می‌کند که باید بررسی شوند، مثل سطح مناسب وضعیت کانال<sup>4</sup> و میزان هزینه قابل قبول انرژی که بین فرستنده و گیرنده شناخته می‌شود.

#### ۲.۴.۴ کنترل خطا

دو مکانیزم که از گذشته برای فراهم شدن قابلیت اطمینان در لایه لینک و فیزیکی برای کانال بی‌سیم استفاده شده کنترل خطای روبه‌جلو (FEC) و درخواست تکرار خودکار (ARQ) و یا ترکیبی از این دو مکانیزم است. مکانیزم FEC درجه‌های متفاوتی دارد که بر روی بخش‌های مختلفی از جریان‌های ویدئویی اعمال می‌شود که بر اساس اهمیت ارتباط آن‌ها است (سطوح حفاظتی نابرابر). به همین علت سربرار متفاوتی را بر روی بسته‌های منتقل شده اعمال می‌کند. مکانیزم ARQ نیز به دلیل ارسال‌های مجدد یک درخواست، پهنای باند زیادی را اشغال می‌کند و باعث می‌شود که تأخیر زیادی در شبکه رخ دهد. در مقایسه‌های اخیر صورت گرفته بین FEC و ARQ مشخص شده است که کدهای بلاک FEC (مثل BCH<sup>5</sup>)، مصرف انرژی در مسیرهای طولانی و تأخیرهای آنها به انتها را کاهش می‌دهد؛ بنابراین کدهای FEC یک گزینه مناسب برای ترافیک‌های حساس به تأخیر در WMSNها است.

#### ۳.۴.۴ مسائل تحقیقاتی باز در لایه لینک و MAC

در پروتکل‌هایی که بر اساس TDMA کار می‌کنند تعیین بازه‌های اختصاص داده به هر گره از مسائلی است که حتماً باید بر روی آن‌ها تحقیقاتی انجام شود برای اینکه باید بر اساس ظرفیت آن‌ها باشد و بهترین کارایی را ایجاد کند. به‌طور کلی زمان‌بندی از مسائل مهم و چالش‌برانگیز در این روش است. پروتکل‌های چندکاناله کاملاً بدون تصادم نیستند و برخی از موارد، تصادم میان بسته‌های کنترلی دیده شده است. همه کانال‌های موجود را نمی‌توانیم کاملاً بدون همپوشانی در نظر بگیریم؛ بنابراین تصادم‌ها تأثیراتی هم بر روی QoS شبکه باقی می‌گذارد که همه این موارد برای شبکه‌های WMSN سؤال‌های بدون پاسخ هستند.

این نیاز وجود دارد که مدل‌ها و الگوریتم‌هایی را توسعه دهیم که در چهارچوب‌های بهینه‌سازی بین لایه‌ای موجود، الگوهای کدگذاری کانال و مبدأ را با هم یکپارچه کند. الگوهای موجود معمولاً فقط ارتباط بی‌سیم نقطه‌به‌نقطه (گام‌به‌گام) را در نظر می‌گیرند و نوع واسط ارتباطی از سخت‌افزارهای همسایه به گام‌های بعدی را در نظر نمی‌گیرند.

#### ۵.۴ لایه فیزیکی

در بین همه فناوری‌های امیدبخش برای لایه فیزیکی، فناوری UWB این پتانسیل را دارد که میزان مصرف انرژی را کاهش و نرخ داده ارتباطی را در فاصله‌های طولانی افزایش دهد. گونه‌های متفاوتی از UWB وجود دارد. مکانیزم زمان پرش ضربه‌های رادیویی (UWB-IR-TH) برای انتقال

<sup>1</sup> Time Division Multiple Access

<sup>2</sup> Synchronization

<sup>3</sup> Multiple Input Multiple Output

<sup>4</sup> Channel state

<sup>5</sup> نوعی از کدهای FEC است که یک سری کدهای parity را به بسته‌ها اضافه می‌کند تا بتواند خطا را تشخیص و تصحیح خطا را روی بسته‌ها انجام دهد.

<sup>6</sup> Frameworks

<sup>7</sup> Time-hopping impulse radio UWB

انتقال اطلاعات از ارسال پالس‌ها در بازه‌های زمانی خیلی کوتاه استفاده می‌کند. در این مکانیزم زمان به فریم‌ها تقسیم می‌شود که هر کدام ترکیبی از چندین chip هستند و هر chip بازه زمانی خیلی کوتاهی را دارد. هر فرستنده پالس خود را در یک chip که در یک فریم قرار می‌گیرد، ارسال می‌کند. برای فراهم کردن دسترسی چند کاربر، ترتیب دسترسی‌ها به وسیله یک دنباله پرش زمانی<sup>1</sup> تصادفی تعیین می‌شود که ترتیب ارسال داده‌های هر کاربر را مشخص می‌کند. سامانه‌های TH-IR-UWB ساده بسیار ارزان قیمت هستند. مکانیزم TH-IR-UWB به چندین دلیل برای شبکه‌های WMSN مناسب است. اول، این مکانیزم نرخ داده بالا، توان مصرفی کم، ارتباطات بدون حامل و فرکانس‌های رادیویی کم‌هزینه‌ای را فراهم می‌کند. علاوه بر این یک بهره‌بردار بزرگی را با وجود تداخل ارائه می‌دهد. مهم‌ترین ویژگی فناوری ضربه‌های رادیویی این است که اجازه می‌دهد راه‌حل‌های لایه فیزیکی و MAC با یکدیگر یکپارچه شوند، برای اینکه دیگر لازم نیست که فناوری‌های کاهش تداخل که انحصار متقابل را میان انتقال‌های متفاوت انجام می‌دهند، اجرا شوند. از این رو ارتباطات همزمان گره‌های مجاور بدون پیچیده‌تر شدن فرستنده‌ها قابل انجام است. در نهایت سیگنال UWB چگالی طیفی کم قدرتی دارد که باعث می‌شود احتمال تشخیص آن به شدت کم شود و آن را برای عملیات نظامی و مخفیانه مناسب می‌کند [1]، [3].

اگرچه که فناوری انتقال UWB به سرعت توسعه پیدا کرده ولی هنوز هم چالش‌هایی برای شبکه‌های چند-گامه وجود دارد که باید راه‌حلی برای آن‌ها پیدا شود. تحقیقات نشان می‌دهد که به طراحی یک معماری ارتباطی بین لایه‌ای نیاز دارند که بر اساس آن UWB بتواند QoS را در WMSN پشتیبانی کند.

## ۵. نتیجه‌گیری

همان‌گونه که بیان شد یکی از جدیدترین شبکه‌های ارتباطی در دنیا، شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم هستند و برای پیاده‌سازی آن‌ها با مشکلات بسیاری روبرو هستیم. مؤلفه‌های شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم و معماری آن‌ها از جمله موارد مورد توجه در این شبکه‌ها است. معماری مسطح، معماری خوشه‌بندی و معماری سلسله‌مراتبی بر اساس خوشه‌بندی، سه مدل معماری مطرح شده برای این شبکه‌ها است و معماری سلسله‌مراتبی بر اساس خوشه‌بندی برای WMSN بیش‌ترین بازدهی را ایجاد کرده است. از جمله مشکلات می‌توان به کدگذاری منابع چندرسانه‌ای، پهنای باند بالا، میزان مصرف انرژی حسگرها، مسیریابی و کنترل خطا اشاره کرد. هم‌چنین محدود بودن منابع و متغیر بودن ظرفیت کانال بر اجرایی کردن WMSN‌ها تاثیرگذار هستند. یکی از مهم‌ترین خواسته‌های شبکه‌های حسگر چندرسانه‌ای بی‌سیم انتقال اطلاعات چندرسانه‌ای گسترده به صورت قابل اطمینان و با کیفیت قابل قبول است. حجم زیاد داده‌های چندرسانه‌ای باعث به وجود آمدن ازدحام در شبکه می‌شود. به همین دلیل مکانیزم‌های کنترل خطا در این شبکه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند. نگاه به این شبکه‌ها نگاه لایه‌ای است و در انتها الگوریتم‌ها، پروتکل‌ها و چالش‌های لایه‌های کاربرد، انتقال، شبکه، MAC و فیزیکی را بررسی کردیم. با توجه به برخی چالش‌ها در لایه‌ها نگاه بین لایه‌ای برای این شبکه‌ها توصیه می‌شود و طراحی‌های بین لایه‌ای کارایی شبکه را افزایش می‌دهند.

## ۶. مراجع

- [1] Akyildiz. I. F, Melodia. T, and Chowdhury. K. R, "A survey on wireless multimedia sensor networks," *Comput. Networks*, vol. 51, no. 4, pp. 921–960, 2007.
- [2] Akyildiz. I. F, Melodia. T, and Chowdhury. K. R, "Wireless multimedia sensor networks: A survey," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 14, no. 6, pp. 32–39, 2007.
- [3] Melodia. T and Akyildiz. I. F, "Research challenges for wireless multimedia sensor networks," in *Distributed Video Sensor Networks*, Bhanu. B, Ravishankar. C. V, Roy-Chowdhury. A. K, Aghajan. H, and Terzopoulos. D, Eds. London: Springer-Verlag, 2011, pp. 233–246.
- [4] Misra. S, Reisslein. M, and Xue. G, "A survey of multimedia streaming in wireless sensor networks," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 10, no. 4, pp. 18–39, 2008.
- [5] Rosário. D, Machado. K, Abelém. A, Monteiro. D, and Cerqueira. E, "Recent advances and challenges in wireless multimedia sensor networks," in *Mobile Multimedia - User and Technology Perspectives*, Tjondronegoro. D, Ed. InTech, 2012, pp. 73–96.

<sup>1</sup> Time Hopping Sequence (THS)