

## شبکه های حسگر بی سیم چند رسانه ای: یک بررسی

### چکیده

در سال های اخیر، رشد علاقه به شبکه حسگر بی سیم (WSN) در هزاران برنامه کاربردی تخصصی نتیجه شده است. بیشتر این پژوهش ها به شبکه های حسگر اسکالر مربوط هستند که پدیده فیزیکی، مانند دما، فشار، رطوبت، موقعیت اشیا که می تواند از طریق پهنای باند کم و جریان داده مقاوم نسبت به خطا انتقال داده شود، را می سنجد. اخیراً، تمرکز به سمت بازبینی پارادایم شبکه های حسگر به منظور توانمندسازی ارائه محتوای چند رسانه ای در آن ها؛ مانند جریان صدا و تصویر و تصاویر ساکن، و به همین ترتیب داده اسکالر سوق داده شده است. این تلاش در سیستم های توزیع شده، شبکه شده نتیجه می دهد، که در این مقاله تحت عنوان شبکه های حسگر بی سیم چند رسانه ای (WMSN) اشاره شده اند. این مقاله بر روی چالش های پژوهشی و به روز ترین معماری، الگوریتم، و پروتکل ها برای شبکه های حسگر بی سیم چند رسانه ای بحث می کند. راه حل های موجود در لایه های فیزیکی، پیوند، شبکه، انتقال و کاربردی پشته پروتکل ارتباطی بررسی شده است. سرانجام، مسائل پژوهشی بنیادین باز بحث شده اند، پژوهش های بیشتر در این زمینه مطرح شده اند.



## مقدمه

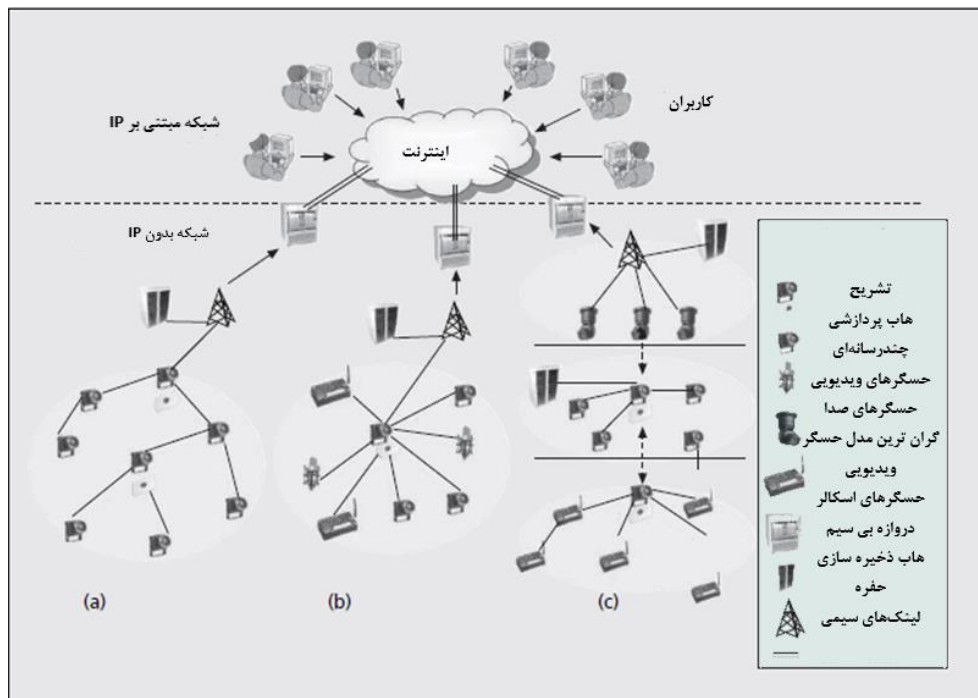
در سال‌های اخیر، رشد علاقه به شبکه حسگر بی‌سیم (WSN) در هزاران برنامه کاربردی تخصصی نتیجه شده است. نتایج مهم در این زمینه بسیاری از کاربردهای نظامی و غیر نظامی را توانمند ساخت و چندین شرکت بزرگ بر مقدار قابل توجهی از منابع سرمایه‌گذاری کردند. بیشتر شبکه‌های حسگر بی‌سیم مستقر شده پدیده‌های فیزیکی اسکالر، مانند دما، فشار، رطوبت یا موقعیت اشیا را می‌سنجند. به طور کلی، شبکه‌های حسگر برای کاربردهای تحمل پذیر نسبت به خطای فقط داده با یک درخواست پهنای باند کم طراحی شده‌اند.

ادغام تکنولوژی‌های شبکه‌های بی‌سیم توان پایین با سخت افزارهای ارزان مانند میکروفن‌ها و دوربین‌های مکمل اکسید فلز نیمه هادی (CMOS) در حال حاضر توسعتهای سیستم‌های شبکه توزیع شده را ممکن می‌سازد که تحت عنوان شبکه‌های حسگر بی‌سیم چند رسانه‌ای (WMSN) به آن اشاره می‌کنیم، به همین ترتیب، شبکه‌های بی‌سیم، دستگاه‌های هوشمند با ارتباطات داخلی بازیابی جریان ویدیو و صدا، و همچنین عکس ثابت و داده‌های حسگر اسکالر را انتقال می‌دهند. به عنوان مثال، ماژول استنباطی و سایکلوپ عکس برداری [1]، برای تصویربرداری بسیار سبک طراحی شده اند، می‌توانند با یک میزبان مانند MICA2 یا MICAz مواجهه شود، بنابراین یک دستگاه عکس برداری با قابلیت‌های پردازش و انتقال بوجود می‌آورد. WMSN بازیابی جریان چند رسانه‌ای را ممکن می‌سازد و داده چند رسانه‌ای اتخاذ شده از منابع ناهمگن را ذخیره می‌کند، به صورت بلادرنگ پردازش می‌کند، ارتباط برقرار می‌کند و انتشار می‌دهد. تصور می‌کنیم که کاربران قادر به جمع‌آوری اطلاعات در مورد محیط فیزیکی با ارسال پرس و جوهای

متنی ساده هستند، بنابراین با دسترسی به WMSN راه دور متعدد، از طریق دروازه سطح کاربرد به اینترنت وصل می‌شویم.

ویژگی یک WMSN تفاوت هموار از پارادایم شبکه‌های سنتی، مانند اینترنت و حتی از شبکه‌های حسگر اسکالر است. بیشتر کاربردهای بالقوه یک WMSN نیازمند پارادایم شبکه‌های حسگر برای بررسی ارائه مکانیزم برای تحویل محتوای چند رسانه‌ای با یک سطح از پیش تعیین شده کیفیت خدمات (QoS) است. در حالی که حداقل سازی مصرف انرژی هدف اصلی پژوهش‌ها در شبکه‌های حسگر است، برای مکانیزم ارائه اثربخش QoS سطح کاربرد و برای نداشت این نیازمندی‌ها به متریک‌های لایه شبکه، زمان تاخیر و جیتر، نگرانی اولیه نیستند. تحویل محتوای چند رسانه‌ای در شبکه‌های حسگر فعلی، چالش‌های طراحی سیستم را مشخص می‌کنند، که هدف این مقاله است.

ما بر روی بالاترین سطح تکنولوژی و چالش‌های پژوهشی اصلی برای توسعه WMSN تمرکز می‌کنیم. با بحثی بر روی تشریح کاربردهای اصلی که با WMSN ممکن شدند و با معرفی معماری مرجع آغاز می‌کنیم. سپس به فاکتورهای اصلی تاثیرگذار بر روی طراحی WMSN اشاره می‌کنیم. سپس، بر روی راه‌حل‌های موجود و مسائل پژوهشی باز در لایه کاربرد، انتقال، شبکه، پیوند، و فیزیکی پشته ارتباطی، به ترتیب بحث می‌کنیم. سرانجام، نتیجه‌گیری کلی مقاله بیان می‌شود.



شکل 1: معماری مرجع شبکه‌های حسگر بی سیم (a: مسطح تک لایه، حسگرهای همگن، پردازش‌های توزیع شده، ذخیره سازی متمرکز، (b) خوشه‌ای تک لایه، حسگرهای ناهمگن، پردازش متمرکز، ذخیره سازی متمرکز، (c) چند لایه، حسگرهای ناهمگن، پردازش‌های توزیع شده، ذخیره سازی توزیع شده

### کاربردهای شبکه‌های حسگر بی سیم چندرسانه‌ای

شبکه‌های حسگر چند رسانه‌ای بی سیم پتانسیلی برای ایجاد کردن کاربردهای جدید دارد. این کاربردهای جدید می‌تواند به این شرح دسته بندی شود:

**شبکه‌های حسگر نظارتی چند رسانه‌ای.** شبکه‌های حسگر نظارتی چند رسانه‌ای برای ارتقا و تکمیل سیستم‌های نظارتی موجود برای پیشگیری از جرم و جنایت و حملات تروریستی استفاده می‌شود. محتوای چند رسانه‌ای، مانند جریان ویدیویی و عکس، و به همین ترتیب تکنیک‌های بصری کامپیوتری، می‌تواند برای موقعیت یابی افراد گم شده، شناسایی مجرم و تروریست، یا استنباط و ضبط فعالیت‌های دیگر به طور بالقوه (سرقت، تصادف ماشین، نقض ترافیک) استفاده شود.

سیستم‌های کنترل، اجرا و اجتناب از ترافیک. نظارت بر ترافیک ماشین در شهرهای بزرگ یا بزرگراه‌ها ممکن شد و سرویس‌های مستقر شده خدمات مسیریابی را برای اجتناب از ازدحام یا شناسایی موارد نقض قانون ارائه می‌دهند. علاوه بر این، سیستم‌های دستگاه‌های پارکبان هوشمند بر اساس WMSN فضای پارکینگ موجود را شناسایی می‌کنند و به رانندگان توصیه می‌کنند که در کجا پارک کنند.

**ارائه خدمات بهداشتی پیشرفته.** شبکه‌های حسگر از راه دور می‌تواند با شبکه‌های سلولی نسل سوم و چهارم (3G/4G) برای ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی همه جا حاضر و فراگیر ترکیب شوند. بیماران حسگرهای پزشکی را برای نظارت بر پارامترهایی چون دما، فشار خون، پالس اکسیمتری، ECG، فعالیت‌های تنفسی با خود حمل می‌کنند. مرکز پزشکی از راه دور شرایط بیماران را برای استنتاج شرایط اورژانسی نظارت می‌کنند.

**نظارت ساختاری و محیطی.** آرایه‌ای از حسگرهای ویدیویی در حال حاضر توسط اقیانوس شناسان برای تعیین تکامل سدهای شنی با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر استفاده شده است. همچنین حسگرهای ویدیویی و عکس‌برداری برای نظارت بر سلامت ساختاری پل‌ها یا دیگر ساختارهای شهری استفاده می‌شوند.

**کنترل فرآیند صنعتی.** محتوای چند رسانه‌ای مانند عکس، دما، یا فشار، می‌تواند برای کنترل فرآیندهای صنعتی، حساس به زمان استفاده شود. در فرآیند تولید خودکار، ادغام سیستم‌های بینایی ماشین با WMSN می‌تواند ساده‌سازی شود و انعطاف‌پذیری را در راستای درک بصری و اقدامات خودکار به سیستم اضافه کند.

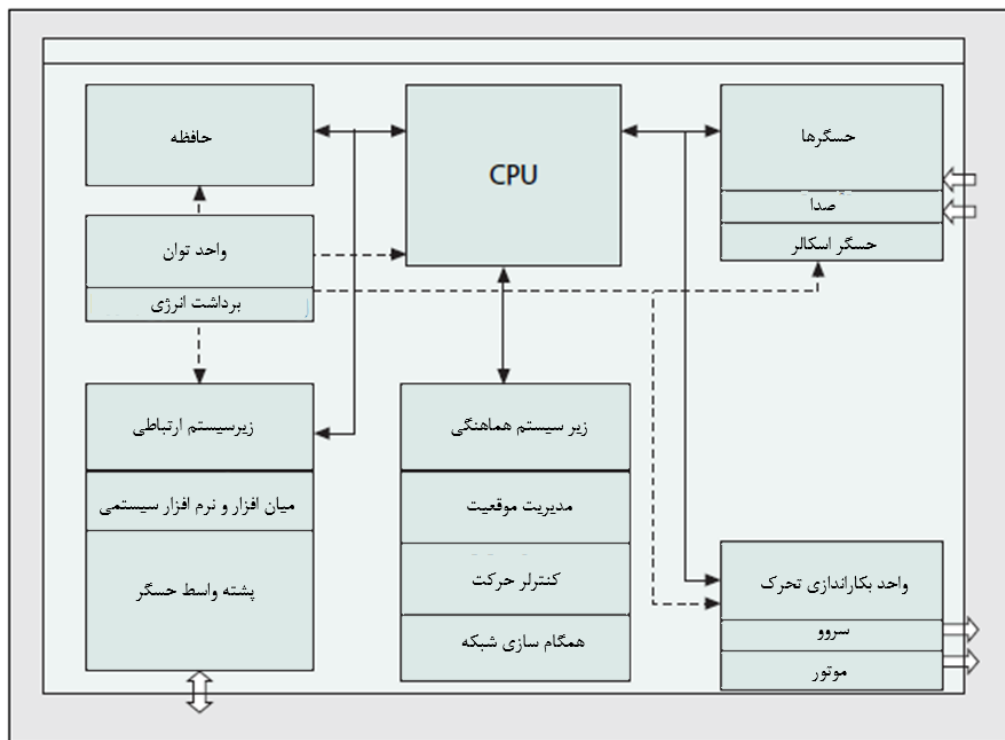
## معماری شبکه

در شکل 1 معماری مرجعی را برای WMSN نشان دادیم، در این معماری کاربران به اینترنت متصل می‌شوند و پرس و جوهایی را برای شبکه حسگر مستقر شده ارسال می‌کنند. قابلیت عملکردی اجزای مختلف شبکه‌های در روش پایین به بالا در زیر توضیح داده شده است:

**حسگرهای ویدیو و صدای استاندارد.** این حسگرها صدا، یا تصاویر متحرک از رخداد‌های حس شده را اتخاذ می‌کنند و به نوعی دارای رزولوشن پایین می‌باشند (از نظر پیکسل/اینچ برای حسگرهای ویدیویی و در dB برای حسگرهای

صدا). آن‌ها می‌توانند در شبکه تک لایه، همانطور که در اولین ابر شکل (شکل 1) نشان داده شده، یا در یک روش سلسله مراتبی مانند ابر سوم نشان داده شده، آرایش یابند.

**حسگرهای اسکالر.** این حسگرها داده‌های اسکالر یا ویژگی‌های فیزیکی را، مانند دما، فشار، رطوبت را حس می‌کنند و مقداری اندازه گیری شده را به راس خوشه گزارش می‌دهند. آن‌ها معمولاً دستگاه‌هایی با منابع محدود از نظر قابلیت‌های زنجیره تامین، ظرفیت ذخیره سازی، و قابلیت‌های پردازشی هستند.



شکل 2: سازمان داخلی حسگرهای چند رسانه‌ای

**هاب‌های پردازش چند رسانه‌ای.** این دستگاه‌ها دارای منابع محاسباتی نسبتاً بزرگ هستند و برای جمع آوری جریان‌های چند رسانه‌ای از گره‌های حسگر منحصر بفرد مناسب هستند. کاهش ابعاد و حجم داده پوشش داده شده برای دستگاه‌های ذخیره سازی و حفره‌ها تفکیک ناپذیر هستند.

**هاب‌های ذخیره سازی.** بسته به کاربرد، پردازش جریان چند رسانه‌ای به صورت بلادرنگ یا بعد از رخداد مطلوب هستند. این هاب‌های ذخیره سازی الگوریتم‌های کاوش داده و استخراج ویژگی را برای شناسایی ویژگی‌های مهم رخدادها، حتی قبل از اینکه داده به کاربر نهایی ارسال شود، را اجازه می‌دهند.

**حفره (Sink).** حفره مسئول بسته‌بندی پرس و جوهای سطح بالای کاربر برای دستورات خاص شبکه و بازگرداندن بخش‌های فیلتر شده جریان چند رسانه‌ای به کاربر است. ممکن است در شبکه‌های بزرگ یا ناهمگن حفره‌های متعددی نیاز باشند.

**دروازه.** به عنوان اتصال فرسنگ آخر برای پل زدن حفره به اینترنت بکارگرفته می‌شود و تنها مولفه IP-قابل آدرس دهی WMSN است. یک تخمین جغرافیایی از نواحی پوشش داده شده تحت فریم‌ورک‌های حس شده برای تخصیص وظیفه به حفره‌های مناسب که داده‌های حس شده از طریق آن ارسال می‌شوند، را نگهداری می‌کند.

**کاربران.** کاربران بالاترین هدف سلسله مراتب هستند و وظایف نظارت بر WMSN را براساس مناطق جغرافیایی مورد نظر مطرح می‌کنند. آن‌ها معمولاً از طریق آدرس IP شناخته می‌شوند و نرم افزارهای سطح کاربردی را با پرس و جوهای اختصاصی که نتایج بدست آمده از WMSN را نشان می‌دهد، اجرا می‌کنند.

### فاکتورهای تاثیرگذار بر طراحی شبکه‌های حسگر چند رسانه‌ای

یک دستگاه حسگر چند رسانه‌ای ممکن است از چندین مولفه پایه، مانند شکل 2 تشکیل شده باشد: یک واحد حسگر، یک واحد پردازشی (CPU)، یک زیرسیستم ارتباطی، یک زیرسیستم هماهنگی، یک واحد ذخیره سازی (حافظه)، و یک واحد بکاراندازی/تحریک. واحد حسگر - حس کردن معمولاً از دو زیر واحد تشکیل شده است: حسگرها (دوربین ها، میکروفن‌ها، و/یا حسگرهای اسکالر) و مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال (ADCs). سیگنال‌های آنالوگ تولید شده توسط حسگرها، براساس پدیده‌های مشاهده شده، توسط ADC به سیگنال‌هایی دیجیتالی تبدیل می‌شود و سپس به یک واحد پردازشی خورانده می‌شوند. واحد پردازشی نرم افزار سیستمی که مسئول هماهنگی سنجش‌ها و وظایف ارتباطی است را اجرا می‌کند و با یک واحد ذخیره سازی در ارتباط است. یک زیر سیستم ارتباطی واسطی برای ارتباط دستگاه به شبکه است و از یک واحد فرستنده و گیرنده و نرم افزار ارتباطی تشکیل شده است. مورد دوم شامل پشته پروتکل ارتباطی و نرم‌افزارهای سیستمی، مانند میان افزارها، سیستم عامل‌ها، ماشین‌های مجازی و غیره است. یک زیرسیستم هماهنگی مسئول هماهنگی عملیات دستگاه‌های مختلف شبکه، با اجرای عملیاتی مانند مدیریت موقعیت

و همگام سازی شبکه است. یک واحد بکارانداختن/تحریک می تواند حرکت یا دستکاری داده را ممکن شود. سرانجام، کل سیستم توسط واحد برق تامین می شود که ممکن است با یک واحد تنظیف انرژی، مانند سلول های خورشیدی نیز پشتیبانی شود.

فاکتورهای زیر بر روی طراحی WMSN تاثیر می گذارند:

**محدودیت منابع.** دستگاه های حسگر از نظر باتری، حافظه، قابلیت های پردازشی، و نرخ داده در دسترس محدود هستند.

**ظرفیت کانال متغییر.** در شبکه های بی سیم چند هابی، ظرفیت هر لینک یا پیوند بی سیم به سطح تداخل درک شده از سمت فرستنده بستگی دارد. این، به نوبه خود، به تعامل چندین تابع که به صورت توزیعی توسط دستگاه های شبکه مانند کنترل برق، و مسیریابی و سیاست نرخ اداره می شود بستگی دارد. از این رو، ظرفیت و تاخیر قابل توجه هر پیوند به محل آن بستگی دارد، که مداماً در حال تغییر است، و ممکن است در ماهیت خود انفجاری باشد، بنابراین تدارک QoS یک وظیفه چالش برانگیز است.

**جفت شدگی لایه های متقابل عملکردها.** به دلیل ماهیت اشتراکی کانال های ارتباطی بی سیم، در شبکه های بی سیم چند هابی، وابستگی متقابل دقیقی بیان عملکردهای مدیریت شده در همه لایه های پشته های ارتباطی وجود دارد. این وابستگی باید به وضوح در زمان طراحی پروتکل های ارتباطی با هدف تامین QoS بررسی می شود.

**نیازمندی های QoS برنامه خاص.** علاوه بر حالت های تحویل داده که نمونه ای از شبکه های حسگر اسکالر هستند، داده های چند رسانه ای شامل محتوای تصویر لحظه ای (snapshot) و جریان های چند رسانه ای است. یک داده چند رسانه ای با نوع تصویر لحظه ای شامل مشاهدات رویداد محور بدست آمده در یک دوره زمانی کوتاه است (برای مثال عکس ثابت). محتوای جریان چند رسانه ای در دوره زمانی طولانی تولید می شود و نیازمند ارائه اطلاعات پایدار است.

**تقاضای پهنای باند بالا.** محتوای چند رسانه ای، به طور ویژه جریان ویدیویی، نیازمند پهنای باند بالا است که بتواند دستورات بزرگتری را نسبت به آنچه که توسط حسگرهای خارج از قفسه در جریان است را انتقال دهد. از این رو، نرخ



داده بالا، و توان پایین، تکنیک انتقال - مصرف باید قوی تر شود. از این نظر، تکنولوژی انتقال فرایهن باند (UWB) به طور ویژه‌ای برای WMSN امیدوارکننده است، همانطور که در ادامه شرح داده می‌شود.

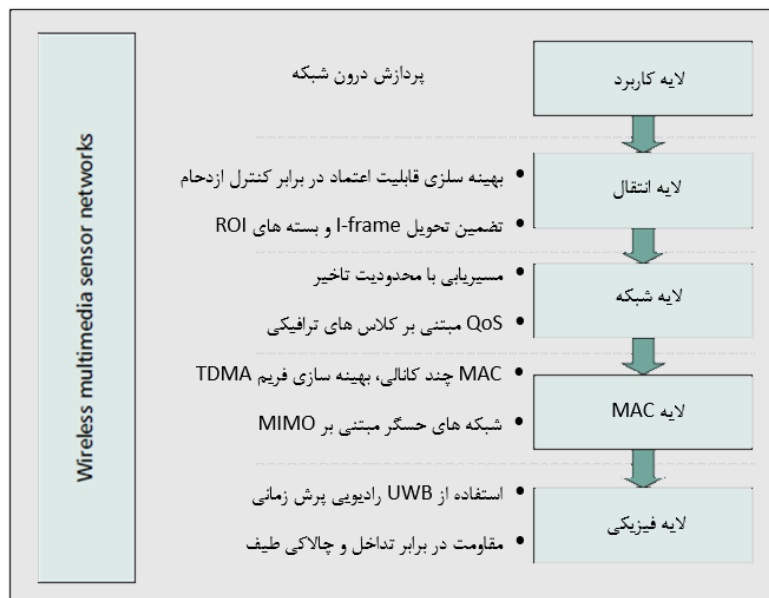
**تکنیک کدگذاری مبدا چند رسانه‌ای.** به روزترین کدگذارهای ویدیویی به تکنیک فشرده سازی درون فریمی برای کاهش افزونگی یک فریم و فشرده‌سازی بین فریمی (همچنین کدگذاری پیش بینی کننده یا تخمین حرکت)، برای کشف افزونگی بین فریم‌های بعدی برای کاهش مقدار داده انتقال داده شده و ذخیره شده تکیه می‌کند. بدلیل اینکه پیش‌بینی کدگذاری نیازمند کدگذارهای پیچیده، الگوریتم‌های پردازشی قدرتمند، مصرف انرژی بالا است، ممکن است برای حسگرهای چند رسانه‌ای هزینه پایین مناسب نباشد. باین حال، اخیراً در [2] نشان داده شده است که تعادل سنتی کدگذارهای پیچیده و کدگشاهای ساده می‌تواند در یک فریم ورک اصلاًحاً کدگذاری منبع توزیع شده گفته می‌شود معکوس شود. این تکنیک‌ها با بهره برداری از آمارهای مبدا در کد گشا و با شیفت دادن پیچیدگی به این سمت، و طراحی کدگذارهای ساده را ممکن می‌شوند. واضح است که، همچین الگوریتمی برای WMSN بسیار امیدوارکننده است، که در این شبکه‌ها استفاده از کدگذارهای ویدیویی موجود در گره مبدا با توجه به محدودیت‌های انرژی و پردازش ممکن است نشدنی باشد.

**پردازش داخل شبکه‌ای چند رسانه‌ای.** پردازش محتوای چند رسانه‌ای عمدتاً به عنوان مسئله مجزا از مسئله طراحی شبکه، با انتظاراتی مانند کدگذاری مشترک کانال-منبع [3] و جریان تطبیقی کانال [4] دیده می‌شود. به طور مشابه، پژوهشگرانی که جنبه‌های ارائه محتوا را بررسی کرده‌اند معمولاً ویژگی‌های محتوای منبع را در نظر نگرفته‌اند و در درجه اول بر روی تعاملات لایه متقابل بین لایه‌های پایین تر پشته پروتکلی مطالعه شده است. باین حال، پردازش و ارائه محتوای چند رسانه‌ای از هم مستقل نیستند، و تعامل آن‌ها بر روی QoS قابل دستیابی تاثیر عمده‌ای دارد. QoS مورد نیاز کاربرد به منظور ترکیب بهینه سازی لایه متقابل فرآیندهای ارتباطی و پردازش داخل شبکه‌ای جریان داده خام ارائه شده است که پدیده مورد نظر را از چندین دیدگاه، با رسانه های متفاوت، و با رزولوشن‌های متعدد شرح می‌دهد. از این رو، توسعه کاربردهای مستقل و معماری خود سازمان‌ده به اجرای منعطف در پردازش‌های داخل شبکه محتوای چند رسانه‌ای ضروری است.

در بخش بعدی، چالش پژوهشی در لایه‌های مختلف پشته پروتکل ارتباطی به طور دقیق مطرح شده است. این موارد در شکل 3 خلاصه شده‌اند.

### لایه فیزیکی

در میان دیگر تکنولوژی‌های امیدوارکننده، تکنولوژی UWB [5] پتانسیلی برای توانمندسازی مصرف‌کنندگان پایین، بالا، نرخ داده ارتباطی در ده‌ها متر دارد. چندین گونه UWB وجود دارد. پرس زمانی رادیویی (TH-IR- UWB) (UWB) براساس ارسال پالس‌های بسیار کوتاه (صدم پیکو ثانیه) برای پوشش اطلاعات است. زمان به فریم‌هایی تقسیم می‌شود، هر فریم شامل چندین تراشه بسیار کوتاه برد است. هر ارسال کننده یک پالس را در یک تراشه به ازای هر فریم ارسال می‌کند، و دسترس چند کاربره با زمان دنباله پرس زمانی (THS) شبه تصادفی ارائه می‌شود که تعیین می‌کند که در کدام کاربر باید از طریق کدام تراشه انتقال را انجام دهد. سیستم‌های TH-IR-UWB ساده می‌توانند برای ساخت بسیار هزینه بر باشند. TH-IR-UWB به طور ویژه برای WMSN به چند دلیل جذاب است.



شکل 3: چالش‌های پژوهشی در لایه‌های متفاوت پشته پروتکلی

ابتدا، TH-IR-UWB نرخ داده بالا، توان بسیار پایین، ارتباطات با حامل کمتر بر روی طرح‌های ساده، رادیویی کم هزینه را فعال می‌سازد. علاوه بر این، افزایش پردازش در حضور تداخل بیشتر می‌شود، منعطف است، چرا که نرخ داده

می‌تواند با چگالی طیفی توان و عملکرد چند مسیره معاوضه شود. مهم‌تر از همه، درایوهای تکنولوژی رادیوی طبیعتاً برای راه‌حل‌های لایه فیزیکی/کنترل دسترسی متوسط (MAC/PHY) مجاز است، چرا که تداخل تکنیک‌های مجاز برای تحقق پروتکل‌های MAC را کاهش می‌دهد که نیازمند حذف موقتی متقابل بین فرستنده‌های مختلف نیست [6]. از این رو، ارتباطات همزمان دستگاه‌های مجاور بدون گیرنده پیچیده ممکن است. علاوه بر این، پهنای باند بزرگ‌آنی بزرگ، روزولوشن زمانی خوب را برای تخمین موقعیت دقیق و برای هماهنگ‌سازی شبکه فعال می‌سازد. سرانجام، سیگنال‌های UWB در نهایت دارای چگالی طیفی با قدرت بسیار پایین، با احتمال پایین (LPI/D) رهگیری/تشخیص هستند، که به طور ویژه‌ای برای عملیات مخفی نظامی جذاب است.

اگرچه تکنولوژی انتقال UWB سریعاً در حال پیشرفت است، چالش‌های زیادی باید برای فعال‌سازی شبکه‌های چند‌هابی دستگاه‌های UWB حل شود. اگرچه برخی از تلاش‌های اخیر در این جهت انجام شده است [6]، روش اثربخش اشتراک‌گذاری واسط در شبکه‌های چند‌هابی UWB هنوز یک مسئله باز است. پژوهش‌ها نیازمند طراحی معماری ارتباط بین لایه‌های متقابل براساس UWB برای پشتیبانی از QoS در WMSN و برای تضمین زمان تاخیر قابل‌اثبات و مرزهای توان عملیاتی برای جریان‌های چند رسانه‌ای در یک محیط UWB هستند.

## لایه MAC

دو عملکرد اصلی لایه MAC دآوری کانال و فراهم نمودن کنترل خطا و الگوی بازبازی است. چندین رویکرد برای تنظیم دسترسی به کانال براساس رقابت وجود دارد، و ما برای WMSN خواستار استفاده از پروتکل‌های مستثنی از رقابت هستیم. همچنین به عوامل موثر تاثیرگذار بر روی انتخاب الگوی تصحیح خطای رو به جلو (FEC) در مقابل درخواست تکرار خودکار (ARQ) در این بخش می‌پردازیم.

## جدول 1- کلاس‌های ترافیکی

نوع کلاس	نوع داده	پهنای باند	تشریح
بلادرنگ، مقاوم نسبت به گم شدن بسته‌ها	چند رسانه‌ای	بالا	جریان‌های چند سطحی تشکیل شده از داده ویدیو/صدا و دیگر داده‌های اسکالر ( برای مثال خواندن دما)، و به همین ترتیب فرا داده مرتبط با جریان، که نیازمند دسترسی بلادرنگ کاربر است.
مقاوم نسبت به تاخیر، مقاوم نسبت به گم شدن بسته‌ها	چند رسانه‌ای	بالا	جریان‌هایی با هدف ذخیره سازی یا پردازش آفلاین متعاقب که نیازمند ارائه سریع با توجه به بافر محدود حسگرهای چند رسانه‌ای است.
بلادرنگ، مقاوم نسبت به گم شدن بسته‌ها	داده	متوسط	داده‌های نظارتی از حسگرهای اسکالر مستقر شده مشخص شده توسط همبستگی فضایی با داده چند رسانه‌ای تصویر لحظه‌ای مقاوم نسبت به گم شدن بسته‌ها ( برای مثال تصاویر یک پدیده که از چند نقطه نظر در یک زمان گرفته شده است).
بلادرنگ، مقاوم نسبت به خطا	داده	متوسط	داده پردازش نظارتی در زمان بحرانی مانند کاربردهای کنترلی توزیع شده
مقاوم نسبت به خطا، مقاوم نسبت به گم شدن بسته‌ها	داده	متوسط	داده از پردازش نظارتی که نیازمند فرم‌هایی از پردازش پست‌های آفلاین است
مقاوم نسبت به خطا، مقاوم نسبت به گم شدن بسته‌ها	داده	پایین	داده محیطی از شبکه‌های حسگر اسکالر یا محتوای چند رسانه‌ای تصویر لحظه‌ای زمان غیر بحرانی

## سیاست دسترسی به کانال

بر اساس ماهیت دسترسی به کانال، یکسری از پروتکل‌های MAC توان عملیاتی بالا در سطح لینک، کاهش تاخیر، یا تضمین QoS با توجه نوع بسته داده شده را فراهم می‌کند. گروه اصلی این پروتکل‌ها در زیر لیست شده‌اند. ویژگی کلیدی آن‌ها این است که برای WMSN سودمند هستند که در ادامه بحث شده است.

**پروتکل‌های مبتنی بر رقابت.** الگوهای موجود اغلب بر اساس انواع پروتکل‌های MAC دسترسی چندگانه با قابلیت شنود سیگنال حامل/تشخیص تصادم (CSMA/CD) است. زمانی که دستگاه داده دریافت می‌کند، انتقال از جانب همه دستگاه‌ها در محدوده انتقال مسدود می‌شود. باین حال، این با استفاده از تایمر تصادفی و مکانیزم شنود حامل بدست می‌آید، که به نوبه خود، در این مورد نتایج مصرف انرژی بیهوده و تاخیر تحت کنترل نیستند. علاوه بر این، WMSN دارای کلاس‌های ترافیکی متفاوتی است، که در جدول 1 نشان داده شده است. رویکردهای مشابه با مولفه

هیبرید هماهنگی تابع کنترل دسترسی به کانال (HCCA) در IEEE 802.11e باید استفاده شود. باین حال، پشته پروتکلی حسگر، حدوداً 4KB از حافظه فلش در موارد خارج از قفسه را می‌گیرد، مانند MICAz، مبتنی بر ارزان ترین Chipcon 2420، باید ساده و سبک باشند. اگرچه S-MAC [7] و پروتکل‌های الهام گرفته شده از آن این نیازمندی‌ها را برآورده می‌سازند، آن‌ها دوره استراحتی را برای ذخیره مصرف انرژی معرفی کردند اما متحمل هزینه تاخیر و پیچیدگی هماهنگی می‌شوند.

رقابت کانال با استفاده از کانال‌های متعدد در یک روش همپوشانی فضایی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این معمولاً با استفاده از دو رادیو به انجام می‌رسد، که به یکی از آن‌ها وظیفه نظارت بر کانال داده شده است. این دستگاه اغلب یک فرستنده گیرنده کم قدرت است که مسئول هوشیارسازی رادیوی اصلی برای ارتباط داده مورد نیاز است. باین حال، این الگوی چند کاناله مسئله تخصیص کانال متمایز را معرفی می‌کند و پیچیدگی سخت افزاری را اضافه می‌کند.

**پروتکل‌های کانال منفرد بدون رقابت.** دسترسی چندگانه با تقسیم زمانی (TDMA) یک پروتکل از این کلاس است. معمولاً، فریم با دوره رزرو کوچک (RP) سازمان دهی می‌شود که معمولاً مبتنی بر رقابت است، بعد از آن دوره بدون رقابت است که به اندازه طول یک فریم است. این RP می‌تواند در هر فریم یا در هر بازه از پیش تصمیم گرفته شده برای تخصیص اسلات به گره فعال رخ دهد، و ملاحظات نیازمندی‌های QoS جریان داده آن را در نظر بگیرد. طول متغییر فریم TDMA (V-TDMA) و فرکانس بازه RP پارامترهای طراحی هستند که می‌توانند در زمان طراحی یک سیستم چند رسانه‌ای بدست آیند. باین حال، شبکه‌های حسگر مبتنی بر TDMA معمولاً مقیاس پذیری محدود شده و زمان بندی شبکه‌های پیچیده گسترده را، جدا از مسئله انحراف ساعت و مسائل هماهنگ سازی مربوطه ارائه می‌دهد.

برخلاف TDMA، که هدف آن منحصراً رزرو کانال بر مبنای زمان است، سیستم‌های آنتنی چند ورودی چند خروجی (MIMO) تکنیک لغو تداخل را بکار گرفتند. هر حسگر شاید به عنوان یک عنصر آنتن واحد عمل کند، اطلاعات را به اشتراک گذارد و بنابراین عملیات آرایه‌ای از آنتن‌های متعدد را شبیه سازی کند. یک الگوی مقایسه مبتنی بر MIMO

توزیع شده برای داده‌های حسگر همبسته که به طور ویژه‌ای نیازمندی‌های چند رسانه‌ای را بررسی می‌کند، در [8] داده شده است. با این حال، با افزایش پیچیدگی وابسته به سیستم‌های MIMO، پژوهش‌های بیشتری در لایه MAC برای تضمین اینکه پارامترهای مورد نیاز مانند وضعیت کانال و تنوع مورد نظر/افزایش پردازش در فرستنده و گیرنده در یک هزینه انرژی قابل قبول در یک WMSN شناخته شده است، نیاز است.

### کنترل خطای لایه پیوند

غیرقابل اعتماد بودن کانال‌های بی سیم، توام با نیازمندی نرخ گم شدن بسته در مرتبه پایین 10-2 برای ویدیو با کیفیت خوب، چالش‌هایی را در WMSN ایجاد می‌کند. دو کلاس اصلی مکانیزم سنتی برای مبارزه با عدم قطعیت کانال‌های بی سیم در لایه پیوند داده و فیزیکی است، که اصطلاحاً تصحیح خطای ارسالی رو به جلو (FEC) و درخواست تکرار خودکار (ARQ) می‌گویند، همراه با الگوهای ترکیبی و با بکاربردن درجات متفاوت FEC برای بخش‌های متفاوت جریان ویدیویی، وابسته به اهمیت نسبی (حفاظت نابرابر) سربارهای مختلف در بسته‌های انتقال داده شده نیاز است. مکانیزم ARQ، از طرفی دیگر، از پهنای باند موثر با هزینه تاخیر اضافه شامل فرآیند انتقال مجدد استفاده می‌کند. مقایسات اخیر بین ARQ و FEC نشان داده است که برای کد بلاک (BCH) FEC اصلی، مسیر طولانی‌تر مصرف انرژی و تاخیر انتها به انتها، مشروط به یک نرخ خطای بسته هدف در مقایسه با ARQ را کاهش می‌دهد [9]. بنابراین، کدهای FEC یک کاندید مهم برای ترافیک حساس به تاخیر در WMSN هستند.

### لایه شبکه

چند طراحی متعدد مسیریابی WSN، مانند بهینه سازی انرژی، کیفیت پیوند، و چند مسیری و تحمل خطا، در میان دیگر موارد برای WMSN قابل اجرا می‌باشند [10]. با این حال، ما بر روی قابلیت‌های عملکرد لایه شبکه اولیه مسیریابی چند رسانه‌ای تمرکز می‌کنیم. بیشتر بر این اساس آن‌ها را طبقه بندی می‌کنیم:

- ویژگی‌های فضایی و معماری

### مسیریابی با معماری سلسله مراتبی و رابطه‌ها

از شکل 1، دیدیم که WMSN سلسله مراتبی می‌تواند با انواع متفاوت حسگر با قابلیت‌های متنوع اجرا شود. بنابراین، ممکن است دو مجموعه مسیر وجود داشته باشد، برای مثال، حسگرها تصویر با گرانولیتة پایین یک مجموعه را تشکیل می‌دهند، و همپوشانی حسگرهای ویدیویی با رزولوشن بالا مورد دیگر را تشکیل می‌دهند. هر دو الگوها مسیریابی نیازمند تعاملات نزدیک هستند، به طوری که می‌توانند بسته‌هایی را حمل کنند که دارای یک رخداد می‌باشند. همچنین، فید از انواع حسگرهای متفاوت ممکن است نیاز باشد که به صورت دوره‌ای منتشر شود، بنابراین نیازمند گره‌هایی در طول هر دو مسیر است. از این رو، باور داریم که در میان الگوریتم‌های مسیریابی عمل‌کننده در لایه‌های متفاوت مسیر سلسله مراتبی باید یک رویکرد همکاری وجود داشته باشد.

اثرات همبستگی نیز بر انتخاب مسیر در یک WMSN تصمیم می‌گیرد. حسگرهای ویدیویی، به طور ویژه، ممکن است دارای دوربین‌های مختلفی در جهت‌های مختلف باشند. مطلوب است که مسیر مسیریابی که دنبال می‌شود، حسگرهای ویژه‌ای یک رخداد را در دامنه محدود شده خود و در میدان دید مشاهده کنند. این الگوی مسیریابی پردازش‌های داخل شبکه را تسهیل می‌کند و افزودگی داده‌های ارسال شده به حفره را حذف می‌کند.

### پروتکل مسیریابی بلادرنگ

برآورده کردن مهلت‌زمانی‌های سفت و سخت، مورد نیاز کاربردهای جریانی، به همراه حفظ محدودیت‌های قابلیت اعتماد اغلب اهداف متناقضی هستند. با کاهش تاخیر در هر لینک و مسیریابی براساس شرایط کانال محلی ممکن است به کاهش این مشکل کمک کند. پروتکل مسیریابی چند سرعتی و چند مسیره (MMSPEED) یکی از رویکردهایی است که برای تعادل بین دو هدف و شکاف بین شبکه و لایه MAC تلاش می‌کند [11]. این تفاوت‌ها بین جریان و با تاخیر متفاوت و نیازمندی‌های قابلیت اعتماد برای منابع کانال در جریان نیاز است. اگرچه هر گره، هاب بعدی را

برای سنجش تاخیر لایه پیوند انتخاب می‌کند، یک مکانیزم بازخورد در طول مسیر به اصلاح عدم دقت تخمین محلی کمک می‌کند. با این حال، این جهت پژوهشی هنوز یک عمل با بهترین تلاش است و هدف آن تکنیک ذخیره سازی انرژی یا تضمین شرکت در ترافیک‌های چند رسانه‌ای انبوه نیست.

## پروتکل‌های لایه انتقال

قابلیت‌های کاربردی لایه انتقال کلاسیک، مانند ارائه کنترل ازدحام انتها به انتها، به طور ویژه‌ای در برنامه‌های کاربردی با تاخیر محدود بلادرنگ، مانند رسانه‌های در جریان مهم است. ما این موارد را براساس وابستگی‌های اصلی زیر می‌خوانیم:

- پروتکل‌های دیتاگرام کاربر (UDP)

- TCP و سازگاری-TCP

## پروتکل‌های مبتنی بر UDP

UDP معمولاً به TCP در کاربردهای چند رسانه‌ای مانند کاربردهای به‌هنگام (timeliness) ترجیح داده می‌شود و بزرگترین نگرانی آن‌ها قابلیت اعتماد است. ویژگی‌های انتخاب شده استانداردهای موجود برای اینترنت، مانند پروتکل انتقال بلادرنگ (RTP) ممکن است در زمینه WMSN پذیرفته شود. RTP از یک جریان کنترلی مجزا به نام پروتکل کنترل انتقال بلادرنگ (RTCP) استفاده می‌کند که سازگاری پویا با شرایط شبکه را اجازه می‌دهد. RTP بر روی UDP اجرا می‌شود، اما پشتیبانی برای انبوهی از عملکردها ارائه می‌دهد، مانند مقیاس بندی پهنای باند و ادغام تصاویر در یک ترکیب واحد. علاوه بر این، فریم بندی سطح کاربرد (ALF) دستکاری سرآیند را با توجه به نیازمندی‌های خاص کاربرد اجازه می‌دهد. از طریق ALF، دستورالعمل‌های خاص می‌توانند در سرآیندی که برای کاربرد WMSN معمول هستند کد شوند، در حالی که قابلیت اعتماد را با ذخیره سازی مبتنی بر IP و نظارت بر شبکه تضمین می‌کند.



## الگوی TCP و TCP دوست برای WMSN

معمولاً، بسته‌های ارسال شده به حفره در مبدا با تنها زیرمجموعه‌ای از انتقال گره که داده‌های غیر افزونه دارند، فشرده می‌شوند. استانداردهای فشرده سازی مانند JPEG2000 و MPEG ویژگی‌هایی مانند ناحیه مورد نظر (ROI) و I-frame را به ترتیب معرفی می‌کند. این بسته‌های ویژه محتوای اصلی را که نمی‌تواند از درون یابی بازیابی شوند را حمل می‌کنند. از این رو، حذف بدون تفکیک وبدون هدف بسته ها، مانند UDP، ممکن است منجر به اختلال قابل تشخیص در محتوای چند رسانه‌ای شود. بنابراین، استدلال می‌کنیم که یکسری از فرم‌های قابلیت اعتماد انتخابی، مانند آنچه توسط TCP ارائه شده است، باید برای این بسته‌ها در WMSN معرفی شود.

دو فاکتور کلیدی که انتقال چند رسانه‌ای را براساس الگوی کنترل نرخ مانند TCP محدود می‌کند جیتر معرفی شده توسط مکانیزم کنترل ازدحام و سربار پیام‌های کنترلی است. راه حل‌های موجود برای انتقال MPEG در یک روش TCP دوست بر مشکل جیتر با فرض بافرهای انتقال دهنده در حفره غلبه می‌کند، به خصوص نگرانی‌های شبکه حسگر را بررسی می‌کنند، اغلب بخش‌های TCP را در شبکه و از طریق انتقالات محلی اتخاذ می‌کنند، آن‌ها سربار عبور پیام را کاهش می‌دهند. استفاده از TCP همچنین می‌تواند از نقطه استفاده پهنای باند استدلال شود. جریان‌های متعدد می‌توانند بین مبدا و حفره باز شوند، هریک از آن‌ها ممکن است مسیرهای مختلفی را دنبال کنند. بنابراین با تقسیم ترافیک چند رسانه‌ای به مسیرهای متعدد با نرخ داده کوچکتر؛ و با تغییرات پویا اندازه پنجره TCP برای هر ارتباط، یک کنترل ریز ساختار بر روی ترافیک حسگر شدنی است که ممکن است طول عمر شبکه و عملکرد ارتقا یافته را بسط دهد.

عدم توانایی برای تمایز بین شرایط کانالی بد و ازدحام شبکه یک مسئله عمده در TCP است.

واضح است که هیچ راه حل لایه انتقال واحدی که نگرانی‌های متفاوت WMSN را بررسی کند وجود ندارد. به عنوان مثال، تعریف متریک‌های قابلیت اطمینان، براساس محتوای بسته، و جفت شدگی تکنیک کد گذاری لایه کاربرد برای کاهش ازدحام ممکن است در این زمینه امیدوار کننده باشد.

## لایه کاربرد

در این بخش، چالش‌ها و عملکردهای لایه کاربرد را با توجه به کلاس‌های ترافیکی متفاوت که ممکن است در کاربردهای WMSN دیده شوند، مانند جدول 1 بررسی می‌کنیم.

### تکنیک کدگذاری چند رسانه‌ای

هدف اصلی طراحی کدگذار برای WMSN به این شرح است:

- بهره‌وری فشرده‌سازی بالا. بدست آوردن نرخ بالایی از فشرده‌سازی برای پهنای باند محدود موثر و مصرف انرژی اجباری است.
- پیچیدگی پایین. کدگذارهای چند رسانه‌ای در دستگاه‌های حسگر تعبیه شده‌اند. از این رو، آن‌ها باید برای کاهش هزینه و تشکیل فاکتورها و قدرت پایین برای طولانی کردن عمر گره‌های حسگر، پیچیدگی پایین داشته باشند.
- خطای انعطاف‌پذیری: کدگذار مبدا باید کدگذاری قدرتمند و انعطاف‌پذیری نسبت به خطای داده مبدا را ارائه دهد. پارادایم همه پخشی سنتی، در جایی که ویدیو یکباره از کدگذار و کدگشا چندین بار فشرده می‌شود، تحت سلطه تکنیک پیش‌بینی کدگذاری است. این، در گستره وسیعی از الگوهای ISO MPEG یا توصیه‌های اتحادیه بین‌المللی مخابرات (ITU-T) H.263 و H.264 (به عنوان AVC یا MPEG-4 بخش 10 هم شناخته می‌شود)، نرخ بیت تولید شده توسط کدگذار مبدا را با بهره‌برداری آمارهای مبدا کاهش می‌دهد. بدلیل اینکه پیچیدگی محاسباتی تحت سلطه قابلیت تخمین حرکت است، این تکنیک نیازمند کدگذار پیچیده، الگوریتم پردازشی قدرتمند، و مستلزم مصرف انرژی بالا است، در حالی که، کدگشا ساده‌تر است و با یک بار پردازشی کمتر بارگذاری شده است. برای پیاده‌سازی‌های معمولی به روزترین استانداردهای فشرده‌سازی ویدیو، مانند MPEG یا H.263 و H.264، کدگذار پنج تا ده برابر کدگشا پیچیده‌تر است [2]. برعکس، برای تحقق هزینه کم، توسعه کدگذار ساده‌تر اجباری است اما هنوز مزایای استفاده از بهره‌وری فشرده‌سازی بالا باقی مانده است.

خوشبختانه، از اطلاعات مرزهای نظری ایجاد شده توسط Slepian و Wolf برای کدگذاری بدون اتلاف و توسط Ziv و Wyner برای کدگذاری باتلاف با کدگشای اطلاعات جانبی شناخته شده است، که مقایسه کارایی است که می‌تواند با دانش نافذ از آمارها مبدا تنها در کدگشا بدست آید. به همین ترتیب، تعادل سنتی کدگذارهای پیچیده و کدگشاهای ساده می‌تواند معکوس شود [2]. تکنیک‌هایی که براساس این نتایج ایجاد شد معمولاً به عنوان کدگذاری مبدا توزیع شده شناخته می‌شود. کدگذاری مبدا توزیع شده به فشردن سازی خروجی حسگرهای همبسته متعدد اشاره دارد که با یکدیگر ارتباط برقرار نمی‌کنند [12]. کدگشایی مشترک توسط نهاد اصلی که داده را به صورت مستقل فشرده شده توسط حسگرهای متفاوت دریافت می‌کنند اجرا می‌شود. باین حال، راه حل عملی تا به حال ایجاد نشده است. واضح است که، همچین تکنیکی برای WMSN و به خصوص، برای شبکه‌های حسگرهای ویدیویی بسیار امیدوارکننده است. کدگذار می‌تواند ساده با توان کم باشد، کدگشا در حفره می‌تواند پیچیده باشد، با بیشتر بارهای پردازشی و انرژی بارگذاری شود. برای بررسی‌های بیشتر بر روی به روزترین کدگذاری مبدا توزیع شده در شبکه‌های حسگر و در کدگذاری ویدیویی توزیع شده به ترتیب به [12] و [4] مراجعه کنند. دیگر الگوهای فشرده سازی و کدگذاری که ممکن است برای کدگذاری مبدا جریان‌های چند رسانه‌ای در نظر گرفته شوند – از جمله JPEG با کدگذاری‌های متفاوت، کدگذاری‌های توزیع شده تصاویر گرفته شده توسط دوربین‌ها با زمینه میدان دیدهای همپوشان، یا کد گذاری چند لایه با فشرده سازی طول موج در [13] بحث شده است.

### پردازش‌های مشترک در شبکه

با توجه به یک مبدا داده (برای مثال جریان ویدیویی)، کاربردهای متفاوت ممکن است نیازمند اطلاعات متفاوت باشند (برای مثال، جریان ویدیوی خام در برابر اطلاعات باینری یا اسکالر ساده استنتاج شده توسط پردازش جریان ویدیویی). این با عنوان پردازش و پرس و جوی برنامه کاربردی خاص مورد اشاره قرار می‌گیرد. از این رو، توسعه زبان پرس و جوی رسا و کارآمد و فیلترینگ توزیع شده و معماری پردازش‌های داخل شبکه، برای توانمندسازی بازیابی بلادرنگ اطلاعات سودمند ضروری است.

به طور مشابه، توسعه معماری برای اجرای انتشار داده یا دیگر عملیات پردازشی داخل شبکه ضروری است. الگوریتم‌ها برای تجمع داده درون رسانه‌ای و بین رسانه‌ای و انتشار آن باید توسعه یابند، چرا که الگوی پردازش توزیع شده ساده توسعه یافته برای حسگرهای اسکالر موجود برای محتوای چند رسانه‌ای طراحی نشده‌اند.

## نتیجه گیری

ما بر روی به روزترین پژوهش‌ها بر روی WMSN بحث کردیم و چالش‌های پژوهشی اصلی را نشان دادیم. بر روی راه حل‌های موجود و مسائل پژوهشی باز در لایه‌های فیزیکی، پیوند، شبکه، انتقال، و کاربرد پشته ارتباطی بحث کردیم. به طور ویژه باور داریم که کارهای اخیر انجام شده در کدگذاری Wyner-Ziv در لایه کاربرد، اعمال نفوذ از جنبه‌های زمانی فضایی سنجش چند رسانه‌ای در شرایط راه حل لایه انتقال و مسیریابی، پروتکل‌های MAC که مرزهای تاخیر لینک را ارائه می‌دهد، و تکنولوژی UWB، در میان سایرین، به نظر می‌رسد که امیدوارکننده ترین جهت پژوهشی در عملیات در حال توسعه WMSN است.

## تشکر و قدردانی

مطالب براساس کارهای پشتیبانی شده توسط موسسه علوم بین‌المللی امریکا تحت قرارداد به شماره ECCS-0701559 است.