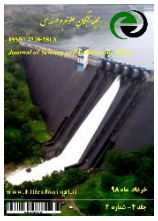
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۴- شماره ۲- سال ۱۳۹۸

www.ElitesJournal.ir



# مقایسه عملکردپروتکل‌های SMAC مسیریابی و Zigbee تحت پروتکل خواب انتشار مستقیم در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

**محمد بهاروند ایران نیا**

**۱- کارشناس ارشد مخابرات –کارشناس ارتباطات- شرکت ارتباطات زیرساخت**

Mohammad.irannia@gmail.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۹۸ پذیرش: خرداد ماه ۹۸

**چکیده**

امروزه شبکه های حسگر بی‌سیم به یکی از عناصر مهم و کلیدی در علم و صنعت تبدیل شده‌اند که استفاده از آنها باعث رشد کیفی و کمی در مدیریت هوشمند فرآیندها گشته است.در این میان مانند هر تکنولوژی نوپای دیگری که به عرصه علم و فناوری وارد می‌گردد موانعی ناخواسته بر سر راه رشد و تکامل آن قرار می‌گیرد که هدف پژوهشگران و محققان کاهش هرچه بیشتر و یا حتی رفع آن می‌باشد.یکی از اصلی‌ترین موانع بر سرراه توسعه و بهره‌برداری هرچه وسیع‌تر از این شبکه‌ها تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز برای گره‌های شبکه می‌باشد.در این خصوص پژوهشگران مسیرهای مختلفی را برای عبور از این مانع بکار گرفته‌اندکه از موفق ترین این راه‌کارها می‌توان به استفاده از پروتکل‌های مسیریابی هوشمند و روشهای خواب-بیداری بهینه اشاره نمود که هدف نهایی این روشها غالباً کاهش حداکثری مصرف انرژی و بالابردن راندمان شبکه می‌باشد. ما در این مقاله برآنیم تا با مقایسه دو پروتکلSMAC و Zigbee که در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند و شبیه سازی عملکرد این دو پروتکل مسیریابی در ذیل پروتکل خواب انتشار مستقیم در فضای نرم‌افزار NS2 راندمان این دو پروتکل مسیریابی را در یک شبکه حسگر بی‌سیم مدل سازی شده با یکدیگر مقایسه نماییم.

**کلمات کلیدی:حسگر بی‌سیم،SMAC، Zigbee، NS2، انتشار مستقیم**

## ۱– مقدمه

در استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم مسائل مختلفی وجود داردکه در هرجایی ایجاد مانع می‌نمایدکه این مسایل دراثر خواص نودهای حسگرو یا شبکه‌های بی‌سیم ممکن است ایجاد گردند. در راس این مسائل این موضوع است که شبکه‌های حسگر بی‌سیم انرژی محدود دارند و معمولا با باطری کار می‌کنند.با این وجود اغلب اوقات تعویض باطری سنسورهایی که در محدوده وسیعی گسترده شده‌اندکاری مشکل و غیرعملی می‌باشد.بنابراین ذخیره انرژی هر سنسور البته با لزوم حفظ کیفیت سرویس مورد اهمیت می‌باشد .این چالشها باعث ایجاد انگیزه برای طراحی پروتکل‌های با مصرف انرژی بهینه و تحقیق درمورد سخت افزارهای بهینه‌سازی انرژی گشت. به علاوه سنسورهای بی‌سیم معمولا توان محدود دارند و همچنین از نظر قابلیت محاسبات نیز دارای محدودیت می‌باشند.بنابراین سنسورها ممکن است قادر به پردازش اطلاعات پیچیده نباشند و همچنین باید از پروتکل‌های سبک

استفاده گردد. دیگراینکه شبکه‌های حسگربی‌سیم باید در برابر خطا مقاوم باشند زیرا ممکن است در عمل با چالش‌هایی از قبیل شرایط بد آب و هوایی ،خطا در نودها و توپولوژی متغیر و ... مواجه شوند .برای برآورده شدن الزامات برنامه پروتکل‌های طراحی شده برای شبکه حسگر بی‌سیم نیازمند داشتن سطح خاصی از استحکام هستند . برای مثال استفاده از بیشتر از یک مسیر می‌تواند از قطع شدن مسیر به علت خرابی در یک نود مسیر جلوگیری کندو مانع از افت کیفیت در یک مسیر خاص گردد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم همچنین نسبت به سایر شبکه‌ها در معرض چالشهایی از قبیل امنیت ، حفظ حریم خصوصی ، کیفیت سرویس،پایداری و پاسخ در زمان مناسب مواجه هستند. از آنجایی که شبکه‌های حسگر بی‌سیم با باطری کار می‌کنند از لحاظ تامین منابع انرژی با محدودیت مواجه هستند و اغلب مواقع شارژ کردن آنها کاری غیر عملی یا نامناسب می‌باشد، از این رو بالاجبار باید از تکنیک‌هایی استفاده نمائیم که بتوانند برنامه کاری را برای بازه زمانی گسترده‌ای پشتیبانی نمایند. درمیان تکنیک‌های ذخیره سازی انرژی جلوگیری از ایجاد سیل ، تنظیم ترافیک با استفاده از توابع هزینه ، همجوشانی اطلاعات و قرار دادن سنسورها درحالت خواب از روشهایی هستند که به صورت گسترده‌تر استفاده می‌شوند و از لحاظ مالی به صرفه‌تری برای بالا بردن طول عمر اجرای برنامه می‌شوند. با خاموش کردن رادیو هر سنسور در زمان مناسب ، طرح‌های خواب مختلف به منظور کاهش زمانهای روشن ماندن بیکار که در شبکه‌های حسگر بی‌سیم اجرا می‌شود به مقدار کمی نسبت به حالت عادی ایجاد منفعت در مصرف انرژی می‌شود به منظور افزایش طول عمر شبکه لایه‌های مختلف در پشته‌های پروتکلی بنا به صلاحدید خودشان سنسورهای مازادرادرحالت خواب قرارمی‌دهند.به عنوان مثال لایه application می‌تواند با انتخاب و فعال کردن یک زیر مجموعه از نودهای منبع به منظور ساپورت کردن کیفیت سرویس و قرار دادن بقیه سنسورهادر حالت خواب انرژی آنها را برای استفاده‌های بعدی ذخیره می‌نماید.در سمت دیگر لایه مسیریابی می‌تواند از پروتکل‌های کنترل توپولوژی برای محدود کردن تعداد مسیرهای فعال درشبکه استفاده نماید،یا اینکه سنسورها را زمانی که پروتکل تشخیص داد که در مسیر انتقال اطلاعات نیستند در حالت خواب قرار دهد. اولین حرکت در تحقیقات شبکه‌های حسگر بی‌سیم در حدود سال ۱۹۹۸ رقم خورد و از آن به بعد نظر محققان زیادی را در سرتاسر دنیا به خود جلب کرد در تحقیقات جدیدی که روی شبکه‌های حسگر انجام می گیرد امکانات و تکنولوژی‌های شبکه ای بسیار برای محیط های ادهاک با داینامیکی بالا مناسب می‌باشند و تمرکز کار روی حسگرهای بی‌سیم بیشتر و بیشتر شد علاوه بر اینکه نود های حسگر سایز کوچکتر و قیمت ارزان‌تری دارند و در نتیجه کاربردهای زیادتری را می‌توان از آنها داشت کاربردهایی همچون نظارت‌های محیطی ، شبکه های حسگر خودرویی و شبکه‌های حسگر بدنی و غیره. مجددا DARPA بعنوان یک پیش رو، در تحقیقات شبکه های حسگر کار خود را با تحقیق روی برنامه ای به نام SensIT آغاز نمود که در آن شبکه های حسگر فعلی را مجهز به قابلیت های همچون شبکه های ادهاک، پرس و جوی داینامیک و ایجاد توانایی چند وظیفه‌گی و دوباره برنامه نویسی در آنها بود. در همان زمان IEEE شبکه‌هایی با هزینه‌هایی کمتر و توانایی‌های بالاتر از شبکه‌های حسگر را معرفی کرد و به عنوان استاندارد IEEE 802.15.4 برای شبکه‌های بی‌سیم شخصی با نرخ داده پایین معرفی شد و به دنبال آن اتحادیه ZigBee استانداردهای موسوم به استانداردهای ZigBee را منتشر کرد که در آن تعدادی پروتکل ارتباطی سطح بالا که توسط شبکه‌های حسگر بی‌سیم بکار می رفت را معرفی می‌کرد و اکنون شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های قرن ۲۱ می باشند کشورهایی همچون چین شبکه‌های حسگر بی‌سیم را بعنوان یک استراتژی ملی در راس برنامه‌های تحقیقاتی خود قرار داده است هم چنین دید تجاری به شبکه‌های حسگر بی‌سیم نیز در بسیاری از کمپانی‌های معروف در حال افزایش اس.این پایان‌نامه به یکی از دغدغه‌های عمده و عمومی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌پردازد و با بهینه‌سازی استراتژی‌های خواب سعی در بهبود آن خواهد داشت.

## ۲- چالشها

در استفاده از شبکه‌های حسگر بی‌سیم مسائل مختلفی وجود داردکه در هرجایی ایجاد مانع می‌نمایدکه این مسایل دراثر خواص نودهای حسگرو یا شبکه‌های بی‌سیم ممکن است ایجاد گردند. در راس این مسائل این موضوع است که شبکه‌های حسگر بی‌سیم انرژی محدود دارند و معمولا با باطری کار می‌کنند.با این وجود اغلب اوقات تعویض باطری سنسورهایی که در محدوده وسیعی گسترده شده‌اندکاری مشکل و غیرعملی می‌باشد.بنابراین ذخیره انرژی هر سنسور البته با لزوم حفظ کیفیت سرویس مورد اهمیت می‌باشد .این چالشها باعث ایجاد انگیزه برای طراحی پروتکل‌های با مصرف انرژی بهینه و تحقیق درمورد سخت افزارهای بهینه‌سازی انرژی گشت. به علاوه سنسورهای بی‌سیم معمولا توان محدود دارند و همچنین از نظر قابلیت محاسبات نیز دارای محدودیت می‌باشند.بنابراین سنسورها ممکن است قادر به پردازش اطلاعات پیچیده نباشند و همچنین باید از پروتکل‌های سبک استفاده گردد. دیگراینکه شبکه‌های حسگربی‌سیم باید در برابر خطا مقاوم باشند زیرا ممکن است در عمل با چالش‌هایی از قبیل شرایط بد آب و هوایی ،خطا در نودها و توپولوژی متغیر و ... مواجه شوند برای برآورده شدن الزامات برنامه پروتکل‌های طراحی شده برای شبکه حسگر بی‌سیم نیازمند داشتن سطح خاصی از استحکام هستند . برای مثال استفاده از بیشتر از یک مسیر می‌تواند از قطع شدن مسیر به علت خرابی در یک نود مسیر جلوگیری کندو مانع از افت کیفیت در یک مسیر خاص گردد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم همچنین نسبت به سایر شبکه‌ها در معرض چالشهایی از قبیل امنیت ، حفظ حریم خصوصی ، کیفیت سرویس،پایداری و پاسخ در زمان مناسب مواجه هستند.

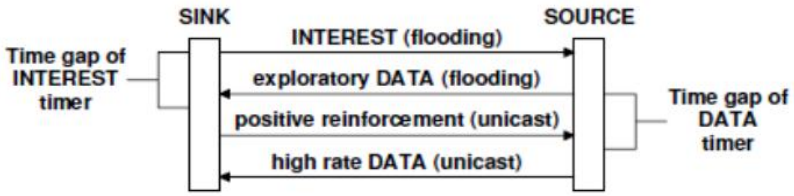
## ۳- انگیزه‌ها و اهداف

از آنجایی که شبکه‌های حسگر بی‌سیم با باطری کار می‌کنند از لحاظ تامین منابع انرژی با محدودیت مواجه هستند و اغلب مواقع شارژ کردن آنها کاری غیر عملی یا نامناسب می‌باشد، از این رو بالاجبار باید از تکنیک‌هایی استفاده نمائیم که بتوانند برنامه کاری را برای بازه زمانی گسترده‌ای پشتیبانی نمایند. درمیان تکنیک‌های ذخیره سازی انرژی جلوگیری از ایجاد سیل ، تنظیم ترافیک با استفاده از توابع هزینه ، همجوشانی اطلاعات و قرار دادن سنسورها درحالت خواب از روشهایی هستند که به صورت گسترده‌تر استفاده می‌شوند و از لحاظ مالی به صرفه‌تری برای بالا بردن طول عمر اجرای برنامه می‌شوند. با خاموش کردن رادیو هر سنسور در زمان مناسب ، طرح‌های خواب مختلف به منظور کاهش زمانهای روشن ماندن بیکار که در شبکه‌های حسگر بی‌سیم اجرا می‌شود به مقدار کمی نسبت به حالت عادی ایجاد منفعت در مصرف انرژی می‌شود به منظور افزایش طول عمر شبکه لایه‌های مختلف در پشته‌های پروتکلی بنا به صلاحدید خودشان سنسورهای مازاد را در حالت خواب قرار می‌دهند. به عنوان مثال لایه application می‌تواند با انتخاب و فعال کردن یک زیر مجموعه از نودهای منبع به منظور ساپورت کردن کیفیت سرویس و قرار دادن بقیه سنسورهادر حالت خواب انرژی آنها را برای استفاده‌های بعدی ذخیره می‌نماید.در سمت دیگر لایه مسیریابی می‌تواند از پروتکل‌های کنترل توپولوژی برای محدود کردن تعداد مسیرهای فعال درشبکه استفاده نماید،یا اینکه سنسورها را زمانی که پروتکل تشخیص داد که در مسیر انتقال اطلاعات نیستند در حالت خواب قرار دهد . لایه MAC هم می‌تواند به صورت همزمان با این کار چرخه‌های خواب- بیداری را برای کاهش زمانهای گوش دادن بیکار سازماندهی کند[۲]. ازآنجایی که خواب سنسورها می‌تواند در لایه کاربرد ، لایه شبکه و لایه MAC به صورت جداگانه اجرا شود این سوالات ایجاد می‌شود که کدام لایه اگر برای خواب استفاده شود منفعت بیشتری خواهد داشت یا اینکه هر برنامه برای خواب تحت چه شرایطی بهتر است اجرا گرددو اینکه وقتی عملیات خواب در لایه‌های مختلف انجام می‌شود آیا اعمال هماهنگی بین لایه‌های مختلف باعث بهتر انجام گرفتن کار خواهد شد؟ پاسخ به این سوالات به تنهایی راهنمای ما برای پیاده‌سازی یک شبکه حسگر بی‌سیم به صورت عملی نیست اما می‌تواند برای ما به منظور دادن یک پیشنهاد برای اجرای یک راه حل انطباقی که بتواند استراتژی خواب را بین لایه‌ها با توجه به شرایط شبکه و نیازهای به صورت پویا کمک خوبی باشد. با اعمال این راه حل انطباقی این انتظار ایجاد

می‌شود که شبکه حسگر با حفظ کیفیت سرویس خود دارای عمر طولانی‌تری بشود.برای داشتن یک رهیافت انطباقی برای استراتژی خواب لایه‌ای اطلاعات زیر باید کسب گردند اول اینکه مزایا و معایب استراتژی‌های خواب متفاوت در لایه‌های متفاوت چیست؟ دوم اینکه چگونه می‌توان میزان عملکرد استراتژی‌های خواب را به صورت کمی در لایه‌های مختلف تخمین زد؟ سوم اینکه وقتی خواب در لایه‌های چندگانه امکان‌پذیر باشد چه نوع هماهنگی برای بیشتر کردن طول عمر شبکه نیاز است؟ در آخر هم اینکه چگونه می‌توان برای ساماندهی خواب سنسورها یک تصمیم پویا اتخاذ نمود؟ هدف از راه حل انطباقی ما بهبود بخشیدن طول عمر شبکه و منعطف کردن شبکه برای سبک-سنگین کردن طول عمر شبکه با استفاده از اطلاعات قابل اطمینان است.

## ۴- خواب انتشار مستقیم

برای ایجاد خواب در گره‌های مسیریابی زمانی‌که آنها در انتقال داده‌ها سهیم نیستند لازم است به اهمیت جاری شدن INTEREST و داده‌های اکتشافیDATA ، توجه کنید و توالی زمان ایجاد مسیر و نگهداری در انتشار مستقیم را پیدا کنید. همانطور که در بالا ذکر شد، در انتشار مستقیم دو نوع floodings بحرانی در سراسر شبکه وجود دارد[۳]. یک مورد جریان دوره ای بسته INTEREST است، که توسط گره سینک شروع می‌شود. تمام گره مسیریابی نیاز به بیدار شدن برای ارسال این بسته به جلو را دارند، به طوری که گره‌های منبع در نهایت می‌توانند آن را دریافت کنند، و یک جدول شیب را می‌توان به مسیر دهی جریان DATA ایجاد نموده که بسته‌هایی را دنبال می‌کنند. جریان دیگر به صورت دوره‌ای توسط گره منبع آغاز می‌شود . تمام گره مسیریابی نیاز به بیدار بودن دارند تا بسته‌های اطلاعاتی را جلو ببرند به طوری که گره Sink در نهایت می‌تواند آنها را دریافت نموده و شروع به تقویت مثبت آنها بر اساس زمان ورود آنها نماید.




**شکل ۱- توالی زمان ایجاد مسیر در انتشار مستقیم خواب**

در نتیجه، برای هر یک ازINTEREST های قابل تشخیص ( کوئری برای ویژگی‌های داده‌های مختلف)، دو زمان سنج، تایمر INTERESTو شمارنده داده‌ها، را تعریف می‌کنیم. دو تایمر برنامه ریزی شده و به صورت دوره‌ای روشن می‌شوند. به طور خاص، تایمر INTEREST پس از جریانINTEREST به پایان می‌رسد، و قبل از جاری شدن INTEREST بعدی شروع می‌شود، در حالی که تایمر داده پس از اتمام جریان داده‌های اکتشافی به پایان می‌رسد و قبل از شروع‌های بعدی داده‌های جریان اکتشافی شروع می‌شود. یک حسگر ممکن است وقتی‌که یکی از دو زمان سنج در حال کار هستند به خواب رود ، اما زمانی‌که تایمر دیگر روشن می‌شود باید از خواب بیدار شود ، و بیدار باقی بماند تا زمانی که تایمر مجددا زمان بندی می‌شود .فاصله زمانی بین زمانی که تایمر روشن می‌شود و هنگامی که آن مجددا زمان بندی می‌شود وجود دارد. فاصله زمانی مورد استفاده برای پاسخ به جریان مربوطه است تا مسیر تقویت شده از گره سینک به گره منبع ایجاد شود. از این رو، فاصله زمانی تایمر INTEREST مورد استفاده قرار می‌گیرد تا منتظر جاری شدن داده‌های اکتشافی شود در صورتی که گره‌های منبع جدید کشف شوند، در حالی که فاصله زمانی تایمر DATA برای بسته‌های تقویت مثبت استفاده می‌شود طوریکه یکی از گره‌های منبع را می توان تقویت نمود و شروع به انتقال داده با سرعت بالا نمود.اگر یک گره ؛ بسته داده‌های اکتشافی در فاصله زمانی تایمر INTEREST را دریافت نکند که درنتیجه نبود هیچ منبع گره در دسترس و یا از دست دادن بسته ، تایمر اکتشافی DATA آغاز نمی‌شود. از این

رو، گره تایمر INTEREST را برای خواب دنبال می‌کند (هنگامی که آن را در حال تعلیق است) و بیدار می‌شود (هنگامی که آن منقضی می‌شود). در غیر این صورت، تایمر داده‌های اکتشافی شروع می‌شود، و آن به صورت دوره‌ای با توجه به نرخ های اکتشافی برنامه ریزی می‌شود. اگر گره یک بسته تقویت مثبت را در طول فاصله زمانی از تایمر، DATAدریافت کند گره در مسیر تقویت قرار داده می‌شود، و در نتیجه نمی‌تواند بخوابد تا زمانی که بصورت منفی تقویت می‌شود و یا انرژی خود را از دست می‌دهد. اگر گره هر بسته تقویت مثبت را در طول فاصله زمانی تایمر DATA دریافت نکند گره به خواب می‌رود زمانی که هر دو زمان سنج ها در انتظار هستند (بدون جاری شدن جریان است)، و هر زمان که حداقل یکی از تایمرها منقضی شوند بیدار می‌شوند[۴].

### ۴-۱- مقایسه عملکرد پروتکل‌های SMAC وZIGBEE در انتشار مستقیم

زیگ بی پیمانی است که برای شرکت هایی است که با هم کار می کنند و آنها را قادر می سازد که بتوانند نظارت و کنترل محصولات را از طریق شبکه ای بی سیم و مقرون به صرفه و با توان را بر اساس استانداردهای جهانی کم انجام دهند . زیگ بی مشخصه دسته ایی از پروتکل‌های ارتباط سطح بالا است که از فرستنده و گیرنده‌های دیجیتال کم مصرف مبتنی بر استاندارد IEEE802.15.4برای شبکه‌های شخصی بی‌سیم با نرخ ارسال داده پایین استفاده می‌کنند. زیگ بی به منظور تعریف یک تکنولوژی ساده تر و ارزانتر از بلوتوث برای شبکه‌های شخصی بی‌سیم بوجود آمده‌است. به کمک زیگ بی می‌توان بیش از ۶۴۰۰۰ وسیله را بطور بی‌سیم از طریق شبکه به هم وصل نمود.در شبکه‌های زیگ بی سه نوع ابزار می‌توان یافت: هماهنگ کننده‌ها، مسیریاب‌ها و دستگاههای پایانه‌ای. هماهنگ کننده‌ها بر آرایش و امنیت شبکه نظارت می‌کنند. مسیریاب‌ها برد شبکه را گسترش می‌دهند و دستگاههای پایانه‌ای، عملکردهای حسی یا کنترلی خاص را بر عهده دارند. با این حال اغلب این ابزارها می‌توانند بیش از یک کارایی داشته باشند مثلا یک دستگاه می‌تواند در عین حال که تجهیزات روشنایی را کنترل می‌کند برای پیامهایی که از سایر قسمتهای شبکه می‌آید به‌عنوان مسیر یاب عمل کند[۵]. پیمان زیگ بی در IEEE 802.15.4 بعنوان لایه های MAC و فیزیکی و شیوه ای برای جستجوی استانداردهای بالاتر برای کنترل و نظارت سیستم های روشنایی و سیستم های تهویه و تبرید HVAC مورد استفاده است . همچنین به عنوان بازوی اجرایی برای IEEE 802.15.4 و سیستم های Wi-Fi در IEEE 802.11 عمل می کند . مشخصه های شبکه‌های زیگ بی در ۲۰۰۴ به تصویب رسیده است و هر دو نوع شبکه هم شبکه های ستاره و ترکیبی و شبکه های توری را پشتیبانی می کند .در حالی که IEEE 802.15.4 استانداردی است که مشخصه های مخابراتی برای شبکه های بی سیم مشخص می کند تعریف کوتاهی برای مشخصه های حسگرهای میانی ارائه نداده است . از ویژه‌گیهای zigbee کار درمحدوده فرکانسی2.4 GHZ با سرعت انتقال ۲۵۰ kbit/s ، برد ۱۰ تا ۱۰۰ متر با توجه به توان فرستنده وویژه‌گیهای محیط مکانیسم‌های ذخیره انرژی برای کلاس‌های مختلف دستگاه‌ها را دربرمی‌گیردو دارای گزینه‌های انتقال داده‌های متنوع می‌باشد[۶].

### ۴-۲- تکنولوژی zigbee

Zigbee بسیار کم هزینه ، کم قدرت و دارای شبکه های بی‌سیم استاندارد است. کم هزینه بودن اجازه می‌دهد تا این فناوری به صورت گسترده در سیستم‌های کنترل بی‌سیم مورد استفاده قرار گیرد. قدرت مصرفی کم اجازه می‌دهد تا شبکه با باطری‌های کوچکتر طول عمر بیشتری داشته باشد و شبکه های مش قابلیت اطمینان بالاتر و محدوده کاری بزرگتری را ایجاد می‌کند. ارائه کنندگان زیگبی معمولا آنرا با رادیوهای یکپارچه و میکروپروسسورهای ۶۰ و ۲۵۶ کیلوبایتی عرضه می‌کنند.Zigbee ایجاد شده بر لایه فیزیکی دارای کنترل دسترسی متوسط تعریف شده در استانداردIEEE802.15.4 نسخه (۲۰۰۳) برای نرخ WPAN

است.خصوصیات برای تکمیل این استاندارد با اضافه کردن چهار قسمت اصلی است: لایه شبکه، لایه کاربردی، اشیاء دستگاه‌های (ZigBee(ZDO و اشیاء تعریف شده توسط تولید کننده نرم افزار است که اجازه سفارشی سازی و یکپارچه سازی را صادر می کند. علاوه بر اضافه کردن دو لایه شبکه در سطح بالا به ساختار، مهم ترین بخش از ZDO قابل بهبود است. این مسئول تعدادی از وظایف، که شامل نگهداری از نقش دستگاه، مدیریت درخواست برای پیوستن به یک شبکه، کشف دستگاه و امنیت است را بر عهده می گیرد. Zigbee در راستای حمایت از شبکه powerline به کار گرفته می شود اما رابط با آن را برای اندازه گیری هوشمند و دستگاه های هوشمند حداقل می‌سازد.از آنجا که گره ZigBee می تواند در ۳۰ هزارم ثانیه یا کمتر از حالت خواب به حالت فعال دست یابد، زمان تاخیر را می توان پایین و دستگاه را می توان پاسخگو، به ویژه در مقایسه با بلوتوث دانست، که به طور معمول حدود سه ثانیه است. از آنجا که گره ZigBee می‌تواند در حالت خواب قرار گیرد، مصرف برق به طور متوسط کم شده و در نتیجه عمر باتری طولانی می گردد.

**:S-MAC– ۳–۴**

S-MAC یک الگوریتم کنترل دستیابی به رسانه، مبتنی بررقابت می باشد که برای شبکه های حسگربی سیم طراحی شده و در حال حاضر یکی از الگوریتم هایی است که مبنای کار بسیاری از تحقیقات به شمار می رود. این الگوریتم براساس رویه ی بیداری نوبتی عمل مینماید که در آن هر گره دوره شنیدن و دوره خواب را با طول ثابت مطابق زمانبندی به نوبت انجام می دهد و شامل :زمانبندی خواب/شنیدن، اجتناب از فاصله دورشنیدن، اجتناب از برخورد و روش پیام گذران می باشد. دوره شنیدن هرگره به سه بخش مجزا تقسیم شده است:

در اولین مرحل(SYNC) هرگره بسته های SYNC را که از همسایه های خود دریافت کرده، می پذیرد. در این بسته ها، گره های همسایه زمانبندی های خود را توصیف می کنند و گره آن ها را در جدول زمانبندی خود ذخیره می کند.در مرحله دوم RTS گره، برای دریافت RTS به گره های همسایه خود گوش می دهد. در S-MACا ز دست دهیCTS/RTS برای کاهش برخورد بسته های داده به علت موقعیت های ترمینال مخفی استفاده می‌شود.در سومین مرحله CTS، اگر بسته RTS ای در مرحله قبل دریافت شده باشد،گره یک بسته CTSارسال می کند. چرخه کاری به عنوان نسبت دوره شنیدن به چرخه کامل خواب و شنیدن تعریف شده است. یک چرخه کامل، دوره شنیدن و خوابیدن است که یک فریم نامیده می شود. درS-MACحالت چرخه کاری کم، به عنوان پیش فرض برای همه گره ها در نظر گرفته می شود. عملیات چرخه کاری کم، مصرف انرژی را کاهش داده اما تأخیر را افزایش می دهد. در طول دوره خواب، گره آنتن خود را در صورت امکان خاموش خواهد کرد. برای رسیدن به حداکثر انرژی ذخیره شده و بهبود تأخیر، S-MAC یک مکانیزم همزمانی کامل را تعریف می‌کند که شامل پخش بسته های SYNCدوره ای، جدول زمانبندی و نگه داری لیست همسایه ها، کشف متناوب همسایه ها، به روز کردن متناوب لیست همسایه و... می باشد. هر گره S-MACاطلاعاتی از زمانبندی خود را در یک بسته SYNC قرار داده و آن را برای همسایه ها به صورت دوره ای پخش می‌نماید. گره ها از دست دهیCTS/RTS که شامل مکانیزم تشخیص حامل مجازی است و به موجب آن یک NAV متغیر را نگه داری می کند، استفاده می کنند. مکانیزم NAV می تواند برای قطع گره در طول ارسال در حال پیشرفت استفاده شود تا از استراق سمع جلوگیری کند. انتقال پیام با رویه ACK/DATA/CTS/RTS برای محدود کردن مشکل ترمینال مخفی و برخوردها انجام می شود.گره‌های حسگر، بسته های CTS/RTS را در طول دوره زمانی فعال ارسال می کنند، اما داده در طول دوره غیرفعال ارسال می شود. بنابراین گره های حسگر

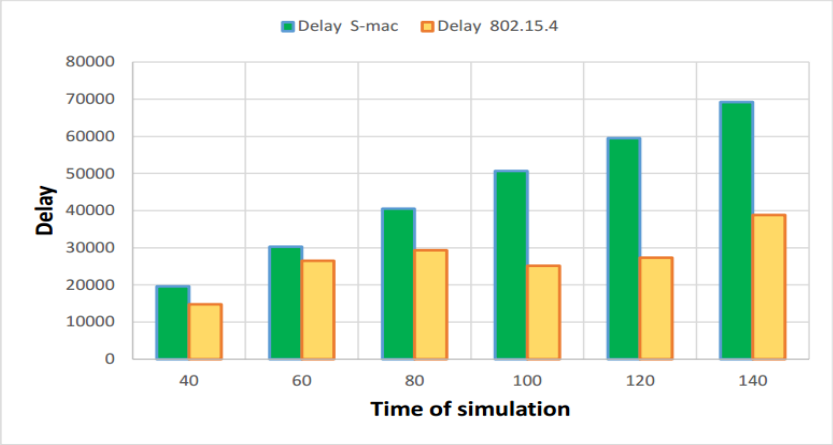
ممکن است وارد دوره خواب نشوند[۷]. گره ای که اتفاقی بسته RTS وCTS مربوط به گره دیگری را می شنود، وارد حالت خواب شده تا از مصرف بیهوده انرژی جلوگیری نماید.الگوریتمS-MACاجازه می دهد، گره های مجاور، روی زمانبندی یکسان و ایجاد دسته بندی های مجازی توافق کنند. گره های همسایه برای تنظیم زمانبندی، خواب مشترک را تشکیل می دهند. گره هایی که دارای زمانبندی یکسانی هستند، یک دسته مجازی نامیده می شوند. دو گره مجاور که در دو دسته مجازی متفاوت مستقر هستند در دوره شنیدن هردوی گروه ها باید بیدار شوند. گره ها با همسایگانی در دو گروه یا بیشتر را گره حاشیه می نامند. اگر گره حاشیه بخواهد با همسایه های خود در طول دوره شنیدن آن ها صحبت کند، باید بداند که چه موقع، بیدار می شوند و کی بخواب می روند. برای همین منظور جدول زمانبندی برای آنها در نظر گرفته شده است. یک گره حاشیه باید چندین زمانبندی را برای همزمان شدن با همسایه هایی که دارای زمانبندی های متفاوتی می باشند، داشته باشد. در نتیجه گره های حاشیه انرژی خیلی بیشتری را نسبت به گره های غیر حاشیه مصرف می کنند. تغییر زمانبندی با پخش کردن بسته های SYNC به صورت دوره ای به نزدیک ترین همسایه ها انجام می شود. پیام SYNCاجازه می دهد، گره های حسگر زمانبندی های همسایه ها را یاد گرفته و بدین صورت می توانند در زمان مناسب برای ارسال پیام بیدار بمانند. اندازه های متفاوت دسته، روی کارایی پرتکل تأثیر دارد.همچنینS-MAC توانایی کنترل نمودن اندازه دسته ی مجازی را نیز ندارد.مهم ترین اطلاعات در یک بسته SYNC، مربوط به زمان خواب می باشد که به تمام گره هایی که این بسته را دریافت کرده اند، دوره خواب بعدی را اعالم می کند. هر گرهS-MACیک جدول زمانبندی را نگهداری میکند که در آن زمانبندی خود و تمام همسایه های شناخته شده اش را داراست. دسته های مجازی همچنین روش پیام گذران را می پذیرند. در رسانه ی بی سیم توصیه می شود که بسته های بزرگتر به چندین بسته کوچکتر شکسته شوند .S-MACروش تکه تکه کردن را به طریق زیر انجام می دهد: یک مجموعه از قطعات فقط با مبادله یک CTS/RTSبین گره ارسال A و گره دریافت B فرستاده می شوند. بعد از هر قطعه، Bباید با بسته اعالم وصول، پاسخ دهد. همه بسته ها فیلد مدت زمان قرار گرفتن روی رسانه را دربردارند و گره همسایه) C) نیز نیاز دارد، NAVخود را بر طبق آن تنظیم کند. اگر یک قطعه به ارسال مجدد نیاز داشته باشد مدت باقیمانده توسط مدت داده به عالوه بسته اعالم وصول افزایش می یابد و رسانه برای این مدت تمدید می شود.S-MACفرض میکند که همه گره ها چرخه کاری یکسان و ثابتی دارند. درحالی که هرگره میزان انرژی و بارترافیکی متفاوتی دارد و نمی تواند با شرایط متفاوت، تطبیق پیدا کند. مسئله تأخیر باالی این پرتکل از جمله نقاط ضعف آن می‌باشد. در این شبیه سازی شرایط محیطی و شبکه را بگونه‌ای فرض می کنیم که :

(۱) سنسورهای ایستا هستند و به طور تصادفی در یک منطقه داده توزیع شده‌اند (۲) فقط یک گره سینک و بیش از یک گره منبع وجود دارد، (۳) گره Sink دارای منبع قدرت بی نهایت است، در حالی که گره‌های دیگر J22 انرژی اولیه دارند، (۴) مصرف برق در هر گره در حالات انتقال،دریافت، و وضعیت بیکار کلا ۵۰ میلی وات تعیین می‌شود، بر اساس CC1000، تراشه‌های رادیویی برای MICA2 motes وCC2420 ، یک تراشه رادیویی برای IEEE 802.15.4، می‌باشد (۵) سایز یک پکت لایه application، ۶۴ بایت است، (۶) پهنای باند لایه مک Mbps2 است، و (۷) برای S-MAC ، اندازه یک بسته داده ۵ بایت، اندازه بسته SYNC، ۹ بایت می‌باشد،و اندازه بسته‌های اطلاعاتی کنترل دیگر مانند RTS، CTS، و ACK، ۱۰ بایت است. بسته SYNC توسط هر یک از گره‌ها هر ۱۰ سیکل کاری فرستاده شده است. به طور پیش فرض، ۳۰ گره را به طور تصادفی در ۸۰۰ ×۸۰۰ مترمربع منطقه توزیع شده است. ۱ گره سینک و۵ گره منبع وجود دارند. تقویت گره منبع ۳ بسته

لایه application در هر ۱۰ ثانیه تولید می‌کنند. برای هر سناریو، ۱۰ توپولوژی تولید می‌شود و نتایج به دست آمده روی ۲۰ شبیه‌سازی، به جز همانطور که اشاره شده است میانگین گیری شده است.

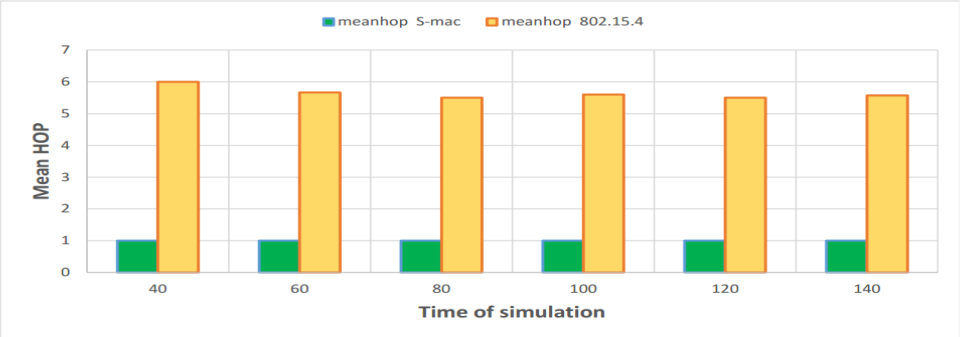
## ۵- نتایج

| Time | Delay S-mac | Delay 802.15.4 |
|---|---|---|
| 40 | 19581.4 | 14804.6 |
| 60 | 30284.4 | 26484.7 |
| 80 | 40524 | 29344.7 |
| 100 | 50672.2 | 25163.3 |
| 120 | 59516.1 | 27326.1 |
| 140 | 69240.3 | 38814.6 |

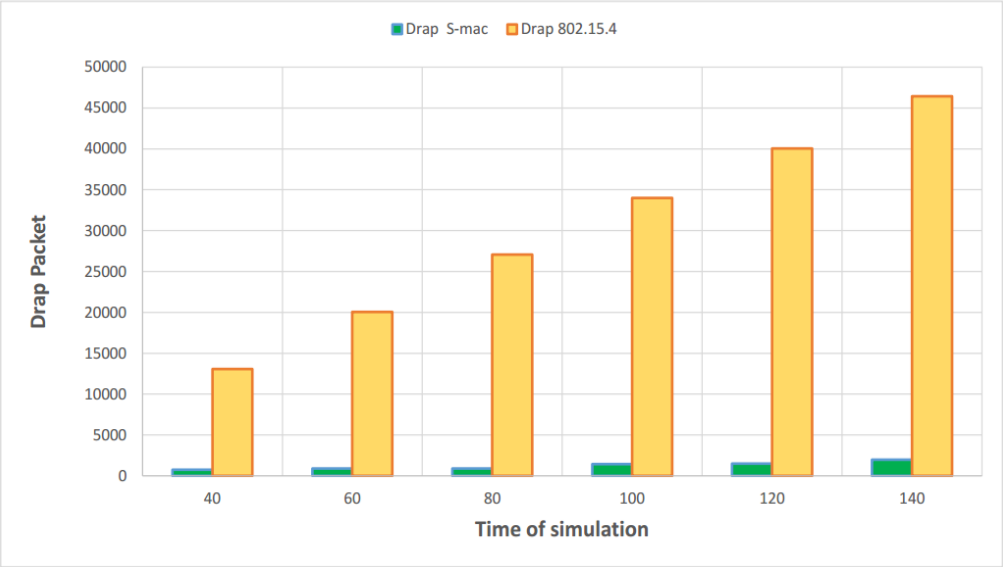



شکل ۲- تأخیر

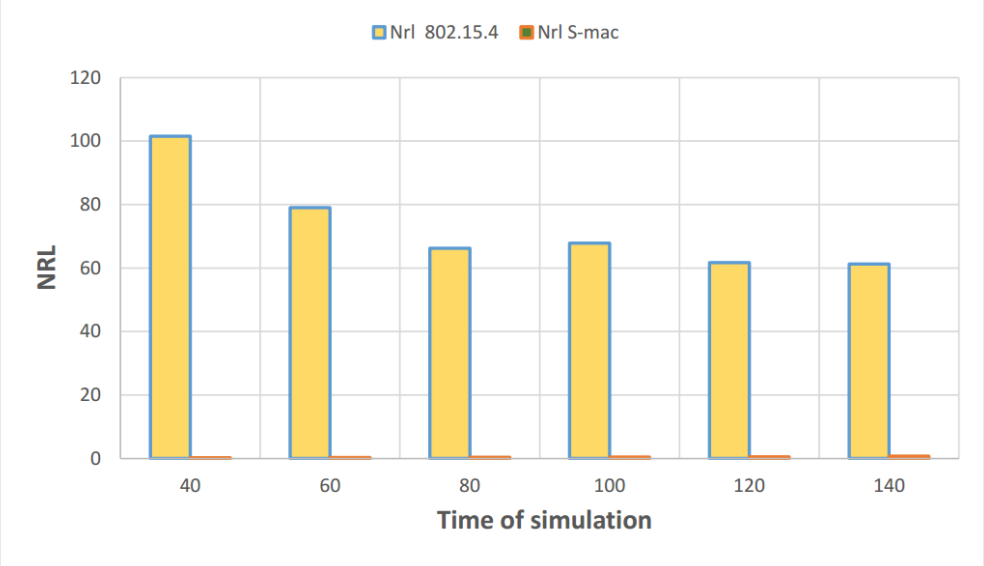
| Time | meanhop S-mac | meanhop 802.15.4 |
|---|---|---|
| 40 | 1 | 6 |
| 60 | 1 | 5.6667 |
| 80 | 1 | 5.5 |
| 100 | 1 | 5.6 |
| 120 | 1 | 5.5 |
| 140 | 1 | 5.5714 |



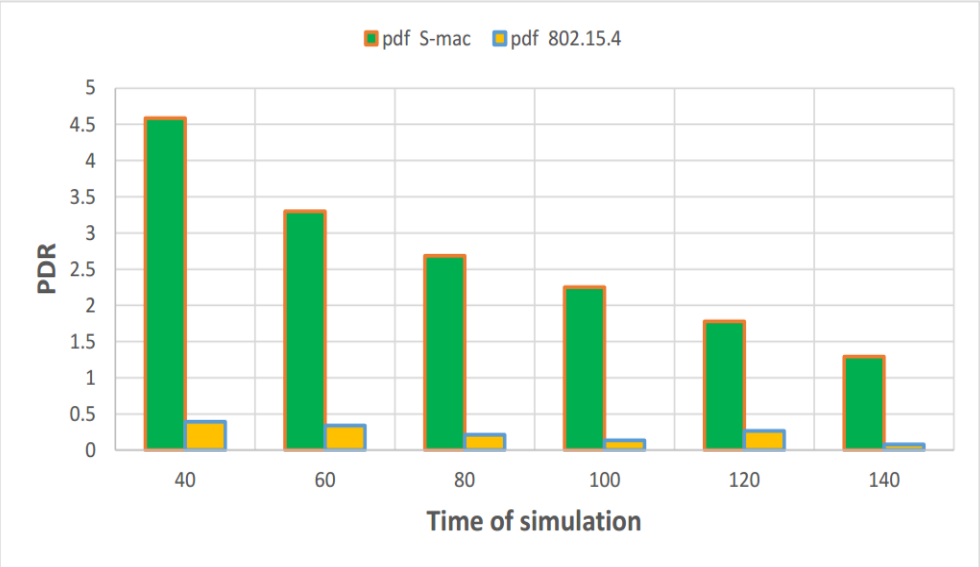

شکل ۳- میانگین استفاده از تعداد هاپ



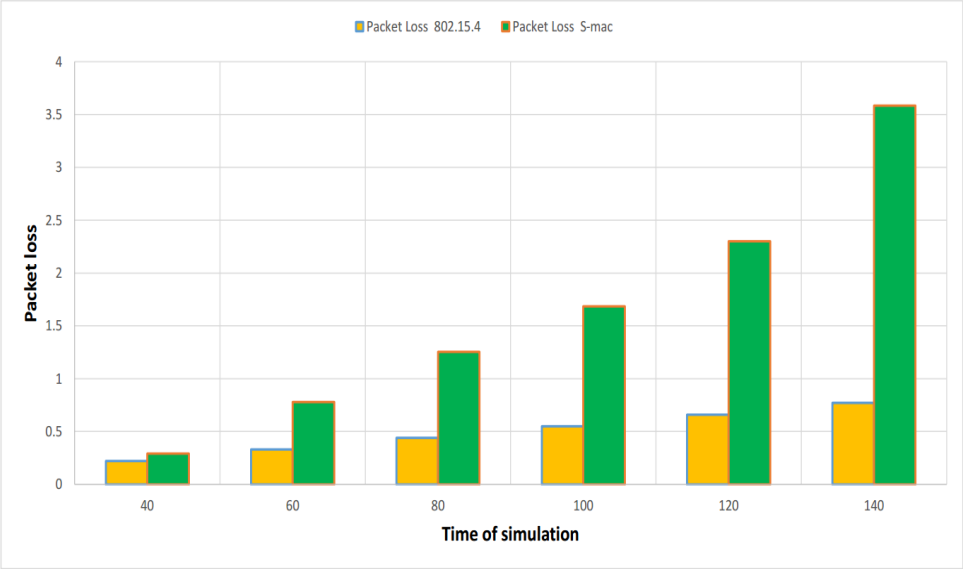

**شکل ۴- مقایسه DRoP در پروتکل SMAC و IEEE 802.15.4**



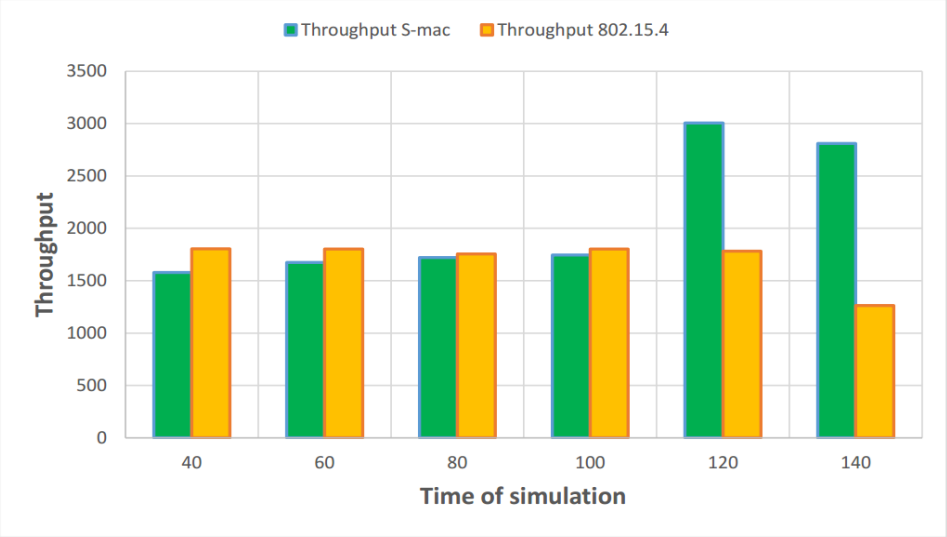

**شکل ۵- نرخ نرمال سازی بار مسیر**




**شکل ۶-نرخ تحویل بسته**




**شکل ۷- مقایسه عملکرد پروتکل 802.15.4 و SMAC در packet loss**




**شکل ۸- مقایسه توان عملیاتی دو پروتکل 802.15.4 و SMAC**

## ۶- نتیجه گیری

همانطور که در نتایج دیده می‌شود در شکل ۱میانگین تاخیر مدل پیشنهادی را تایید و نمایش می‌دهد، هرچقدر زمان شبیه سازی بیشتر می‌شود تأخیر در هر دو پروتکل رشد داشته لیکن در زیگبی این رشد کندتر و در **SMAC** سریعتر می‌باشد که این موضوع بیانگر عملکرد بهتر زیگبی از لحاظ تأخیر می‌باشد. می‌دانیم هر چقدر از تعداد هاپ‌های کمتری استفاده کنیم کارایی و امن بودن شبکه بیشتر می‌شود. این استدلال به این دلیل است که امکان دارد در طول مسیر هاپ‌های خراب وجود داشته باشد، هرچقدر از هاپ‌های کمتر استفاده کنیم ضریب خطا پایین می‌آید شکل ۳ بیانگر کمترین میانگین استفاده از تعداد هاپ را در مدل پیشنهادی را نمایش می‌دهد.ضمن تحلیل نمودار کمترین طول قدم خواهیم دید که SMAC در تمام طول شبیه سازی دارای طول قدم‌های کمتری می‌باشد و در این قسمت موفق تر از زیگبی عمل نموده است. پروتکل SMACازلحاظ DROP مطابق شکل ۴در وضعیت بهتری قرار دارد و برخلاف پروتکل 802.15.4 که در آن DROP به صورت خطی افزایش می‌یابد 802.15.4 داراری

پایداری و قابلیت اطمینان بیشتری می‌باشد.طبق شکل۷ از لحاظ توان عملیاتی تقریبا هر دو پروتکل یکسان عمل می‌کنند البته مشاهده می‌شود که عملکرد پروتکل SMAC برای زمان‌های بلند مدت بهتر از پروتکل 802.15.4 می‌باشد.

## ۷- منابع

1. Modeling and Performance Analysis for Duty-cycled MAC Protocols with Applications to S-MAC and X-MAC Ou Yang, Student Member, IEEE, Wendi Heinzelman, Senior Member, IEEE, May 23, 2011.

2. IMPROVEMENT OF ZIGBEE ROUTING PROTOCOL INCLUDING ENERGY AND DELAY CONSTRAINTS, Najet Boughanmi and YeQiong Song , LORIA – INPL Campus scientifique, BP239 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, France -2006.

3. DPDSN: Detection of packet-dropping attacks for wireless sensor networks, Vijay Bhuse, Student Member, IEEE, Ajay Gupta, Senior Member, IEEE, and Leszek Lilien, Senior Member, IEEE-2003.

4. Sleeping Strategies for Wireless Sensor Networks by Ou Yang Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, University of Rochester Rochester, New York 2011.

5. Wakeup Strategies in Wireless Sensor Networks , Electrical and Computer Engineering Department University of California, San Diego, CA 92093.

6. The Sleep Control Strategy for Wireless Sensor Networks , Shih-Jung Wu, Kuo-Feng Huang Department of Innovative Information and Technology, Tamkang University, Taiwan ,2010.