

**استفاده از الگوریتم کندوی زنبور عسل در
مسیر یابی بر اساس خوشه در شبکه های حسگر
بیسیم**

چکیده

با توجه به پیشرفت های اخیر فناوری ارتباطات بی سیم در چند دهه اخیر ، مطالعات کارشناسان در زمینه شبکه های گیرنده بی سیم هم سیر صعودی را طی کرده است. بسیاری از این بررسی ها در قالب کتب علمی ، الحاقیه ، الگوریتم و موارد کاربردی اجرا و اعمال شده اند. کارایی این شبکه ها به طور مستقیم به پروتکل های مسیریابی که روی زمان زندگی شبکه تاثیر می گذارند بستگی خواهد داشت. خوشه بندی یکی از رایج ترین روش های اجرایی در این مبحث تلقی می شود. ما در این مقاله به بررسی کارایی انرژی در پروتکل های بر پایه الگوریتم های کندوی زنبور عسل می پردازیم که نشان دهنده امتداد طول عمر شبکه می باشد. الگوریتم های کندوی زنبور عسل طوری طراحی شده اند که رفتارهای جستجوگرانه زنبورهای عسل را شبیه سازی کرده و به طور موفقیت آمیزی در تکنیک های خوشه بندی مورد استفاده قرار می گیرند. عملکرد این روش پیشنهادی با پروتکل های متکی بر LEACH و بهینه سازی گروهی اجزا که پیش از این مورد بررسی قرار گرفته اند ، مقایسه می شود. نتایج این بررسی ها نشان می دهد که الگوریتم های کندوی زنبور عسل میتواند در پروتکل های مسیریابی WSN روند موفقیت آمیزی داشته باشد.

کلمات کلیدی : شبکه های گیرنده بی سیم ، برپایه خوشه بندی (خوشه ای) ، الگوریتم زنبور عسل

۱:مقدمه

شبکه های گیرنده بی سیم (WSN) شامل گره های گیرنده توزیع شده هستند که در سال های اخیر توجه بسیاری را به سوی خود جلب کرده اند. آنها در بسیاری از حوزه ها مثل کنترل محیط ، سرویس های محافظ سلامتی ، نظامی و خدمات مربوط به پیش بینی زمین لرزه ها موفقیت هایی کسب کرده اند. آنها در تلاشند تا اطلاعات و داده های حساس (گیرنده) را به ایستگاه مربوطه خروجی انتقال دهند. در حقیقت همکاری سازمان ذی ربط برای تحقیق این موارد ، امری ضروری می باشد. این نود های گیرنده به آسانی برای کاربردهای خاص پیکربندی می شوند. هر چند آن ها نیروی فقط در باتری های غیر قابل جایگزین با محدودیت انرژی تامین میشود.

پردازشگرهای آنها در فرآیند پردازش، انرژی و شبکه های ارتباطی که توسط گره های گیرنده دارای پهنای باند کم مورد استفاده قرار می گیرند محدود میشوند. با این محدودیت های موجود در گره های گیرنده ، روش های جدیدی برای قادر ساختن در انجام فعالیت های معتبر ارتباطی مورد نیاز خواهد بود. نه تنها یک ارتباط قابل اطمینان الزامی است بلکه طول عمر شبکه ها هم تا جاییکه امکان داشته باشد باید در کاربرد های WSN زیاد باشند.

ارتباط مهمترین عامل اتلاف انرژی در گره های گیرنده محسوب می شود. این اتلاف به دلیل فاصله میان اجزای ارتباطی مبدا و مقصد می باشد. واحدهای گیرنده و سیستم موقعیت یاب جهانی مرتبط با گره گیرنده هم نقش مهمی در اتلاف انرژی ایفا می کنند.

از زمانی که سیستم های GPS نیازمند سخت افزارهایی با سایز بزرگ و منابع انرژی مضاعفی شدند ، استفاده از فناوری GPS روی نود های گیرنده هم یک فن آوری پر مصرف و گرانبها محسوب می شود. وجود منابع محدود مستلزم پروتکل های محافظ انرژی در گره های حساس می باشد. پروتکل های اجرایی این شبکه ها باید ساختار ساده ، سرعت بالا در اجرا و مصرف انرژی کم برای یک اجرای موفق داشته باشند. روش اصلی و پایه در انتقال اطلاعات از گره های حساس به ایستگاه اصلی را شناورسازی هم تعریف می کنند که همه گره های گیرنده از طریق فرآیند انتشار ، ارتباط برقرار می کنند. این روش مستلزم پهنای باند و انرژی بسیار زیادی می باشد و اطلاعات را به تمام بخش های شبکه و حتی به ایستگاه اصلی هم منتشر می کند. پروتکل های خانواده SPIN کلیه اطلاعات را در شبکه فرضی که همه گره ها در واقع گره هایی که پتانسیلش را دارند ،

منتشر می‌سازد. هر چند عملکرد آگاهانه داده‌های SPIN نمی‌تواند تحویل داده‌ها را ضمانت کند. بنابراین مسیره‌های چندگانه برای برقراری مطمئن ارتباط مورد استفاده قرار می‌گیرد. مکانیسم‌های خوشه‌بندی برای شبکه‌های گیرنده بی‌سیم با شناورسازی اطلاعات بصورت پشت سر هم بسیار مناسب هستند. یکی از این پروتکل‌ها که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند LEACH نام دارد که شامل پردازش دو فازی است که در آن، شبکه بصورت یک ردیفی از خوشه‌ها فعالیت می‌کند. این پروتکل به طور تصادفی، سرخوشه‌هایی را تولید کرده و فرآیند جمع‌بندی اطلاعات در خوشه‌ها را اجرا می‌نماید. LEACH-C صورت توسعه یافته LEACH است که میزان تناسب انرژی را افزایش می‌دهد. PEGASIS یکی دیگر از خوشه‌های این پروتکل است که بسیار شبیه به LEACH بوده اما میزان مصرف را در هر چرخه کاهش می‌دهد.

LEFC هم در واقع یک الگوریتم خوشه‌بندی موثر برای WSN است که داده‌های منطقه‌ای را به خوشه‌های مربوطه می‌رساند. اگر چه LEACH-C، PEGASIS، LEFC عملکرد موثرتری نسبت به LEACH دارند، موقعیت‌گره‌های گیرنده باید پیش از اجرای این پروتکل‌ها تعیین و شناخته شود. گره‌های گیرنده معمولاً به طور اتفاقی و تصادفی گسترش یافته و سخت‌افزار سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی، اندازه این گره‌ها و هزینه این سیستم را افزایش می‌دهد. این پروتکل‌ها برای بسیاری از کاربردهای WSN مناسب نیستند. در سال‌های اخیر، پروتکل‌های مسیریابی از الگوریتم‌های بهینه‌ی swarmbase استفاده می‌کنند که در آن روش‌های جمع‌آوری داده‌ها روی شبکه‌گیرنده اجرا می‌شوند. این الگوریتم‌ها که روی گره‌ها اجرا می‌شوند، بایستی دارای ساختاری ساده و سرعت اجرای بالا و مصرف انرژی کم باشند. بهینه‌سازی ردیفی مورچه‌مانند (ACO) همانند سازی حرکت و رفتار مورچه‌ها برای یافتن غذا از الگوریتم‌هایی در جهت بالا بردن عمر شبکه استفاده می‌کند.

در LEACH برای بهینه‌سازی اجزاء، پرواز پرندگان به سوی مقصد، شبیه‌سازی می‌شود. در این بررسی‌ها، الگوریتم‌های PSO در خوشه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای شناسایی و تعیین سرخوشه‌ها در WSN، شرایط مشابهی با شبکه‌شبیه‌سازی شده داشته و الگوریتم PSO هم نتایج مثبتی ایجاد می‌کند. هر چند شبکه‌بالا با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی دیگری که در خوشه‌بندی با موفقیت همراه شود، امتداد پیدا کند. روش الگوریتم‌های کندوی عسل مصنوعی (ABC) یک الگوریتم بهینه‌سازی swarm-base است که برای اجرای خوشه‌بندی WSN با هدف کنترل می‌باشد. ما در این مقاله در تلاش هستیم تا روش خوشه‌بندی متمرکز را در انتخاب سرخوشه‌ها تعمیم دهیم. روش پردازش انتخابی ما روی ایستگاه اصلی و محیط توزیع شده انجام میشود. سخت‌افزار پایگاه اصلی معمولاً پیشرفته‌تر از عناصر شبکه مثل سرخوشه‌ها یا گره‌های گیرنده هستند. بنابراین این فرآیند سربار مسیریابی که روی نود‌های شبکه است را برمی‌دارد. در روش‌های خوشه‌بندی ما، از الگوریتم ABC که توسط کارابوگنا مطرح شد و نخستین بار هم با موفقیت همراه بود، استفاده می‌شود. از خوشه‌بندی داده‌ها با چند متغیر، برای دادن مجموعه‌ای از اطلاعات خوشه‌بندی شده توسط الگوریتم ABC برای رسیدن به فرآیند بهینه‌سازی اطلاعات و داده‌های گروهی استفاده می‌کنند. در روش‌های پیشنهادی بر اساس ABC محور، هدف ایجاد طرحی مناسب برای گره‌های WSN با توجه به نحوه عملکردشان می‌باشد، مثل انتخاب گره‌های سرخوشه بهینه برای به حداقل رساندن مصرف انرژی.

در ادامه این مقاله به موارد زیر هم اشاره خواهیم داشت و به سازماندهی این مطالب نیز خواهیم پرداخت، که این موارد عبارتند از: خلاصه‌ای از الگوریتم‌های ABC محور، جزئیاتی در خصوص خوشه‌ها و روش‌های پیشنهادی، نتایج و ارزیابی عملکرد روش‌های پیشنهادی. در نهایت در فصل آخر اینمقاله به نتیجه‌گیری و بیان اهداف آینده نیز اشاراتی خواهیم داشت.

۲: الگوریتم کندوی زنبور عسل

این الگوریتم نوعی الگوریتم هوشمند کاوش محور است که مانند رفتارهای هوشمندانه و جستجوگرانه زنبورهای عسل شبیه سازی شده است. در الگوریتم ABC سه خوشه زنبور وجود دارد: محافظ (تماشاگر)، مامور اکتشافات و زنبورهای کارگری که در فضاهای تحقیقاتی فعالیت می کنند. وقتی که شبکه دارای نودهای سرخوشه باشد، این زنبورها در فضای تحقیقاتی با ابعاد n پرواز می کنند. ABC جمعیتی از زنبورها را تحت پوشش قرار می دهد تا سرخوشه ها را کشف نمایند. یک زنبور برای تامین منابع غذایی منتظر می ماند و زنبورهای محافظ و کارگر را در این فاصله ملاقات خواهد کرد. زنبوری که به طور اتفاقی (تصادفی) برای امر تحقیق و جستجو وارد عمل می شود را مامور اکتشاف می نامند. محل و موقعیت منابع غذایی نشان دهنده راه حل ممکن برای مشکل می باشد و شهدی که در این منابع غذایی وجود دارد در واقع کیفیت (تناسب) راه را تعیین می نماید. شبه کد الگوریتم ABC بصورت زیر می باشد:

```
Generate initial population  $X_i, i = 1 \dots SN$ 
Evaluate the population
Set cycle to 1
Repeat
FOR each employed bee
    Produce new solutions  $v_j$  by using (1)
    Calculate the fitness
    Apply the greedy selection process
FOR each onlooker bee
    Choose a solution  $x_i$  depending on  $p_i$ 
    Produce new solutions  $v_j$ 
    Calculate the fitness
    Apply the greedy selection process
If there is an abandoned solution then
    Replace it with a new solution produced by a scout using (3).
Memorize the best solution achieved so far
cycle = cycle + 1
Until cycle = MCN
```

در الگوریتم ABC نیمه اول این شبکه را زنبورهای کارگر و نیمه دوم را زنبورهای محافظ پوشش می دهند. زمانی که هر زنبور کارگری تصادفاً کاندید می شود تا برای یافتن منابع غذایی جستجو را شروع نماید، موقعیت اولیه منابع غذایی تولید می شود. سپس هر کدام از زنبورهای کارگر، منابع غذایی مجاور خود را با توجه به فرمول شماره یک معین می کنند. اگر شهد موجود در منابع غذایی جدید بیشتر از منابع قدیمی می باشد، زنبور کارگر به سمت منابع غذایی جدید پرواز می کند.

$$V_{ij} = X_{ij} + \theta_{ij} (X_{ij} - X_{kj}) \quad \text{فرمول ۱:}$$

وقتی که θ یک شماره تصادفی بین (۱ و -۱) باشد، V_i یک راه انتخابی، X_i راه جاری و X_k راه مجاور و $j \in \{1, 2, \dots, D\}$ یک انتخاب تصادفی از ۱ تا d است وقتی که D شعاع راه می باشد. زنبورهای کارگر اطلاعاتی را که در خصوص منابع غذایی به دست آورده اند پس از تکمیل فرآیند جستجو به زنبورهای محافظ منتقل می کنند. زنبور محافظ اطلاعات مربوط به شهد را که از زنبورهای کارگر به دست آورده بررسی می کند و طبق فرمول شماره دو، منابع غذایی را انتخاب می کند که بیشترین شهد را داشته باشد، این روش را روش انتخاب چرخشی می نامیم که بهترین شانس را مهیا می کند.

$$P_i = \frac{f_i t_i}{\sum_{n=1}^{SN} f_i t_n} \quad \text{فرمول شماره ۲}$$

در این فرمول $f_i t_i$ میزان مناسب محلول i در شهد منابع غذایی در موقعیت i و SN تعداد منابع غذایی مساوی با تعداد زنبورهای کارگر می باشد. یکی از زنبورهای محافظ (تماشچی) منابع غذایی را انتخاب کرده و سپس هر کدام از آنها یک منبع غذایی در نزدیکی شان را پیدا کرده و میزان شهد موجود را محاسبه می نماید. زنبور می تواند موقعیت جدید را به ذهنش بسپارد و مکان قبلی که شهد کمتری داشت را فراموش کند . حتی می تواند موقعیت قبلی را هم به خاطرش بسپارد. زنبور کارگر وقتی که یک منبع غذایی را پیدا می کند و از آن استفاده می کند به یک مامور اکتشاف تبدیل شده است. هر موقعیت مکانی نمی تواند به چرخه هایی که پارامتر محدود تلقی می شوند تبدیل شود. در این موقعیت یک راه جدید به طور تصادفی ایجاد می شود که در فرمول شماره سه تعریف شده است . منابع را با X_i^j و $j \in \{1, 2, \dots, D\}$ در این فرمول محاسبه می کنیم و نمودار الگوریتم ABC هم در شکل شماره یک آمده است.

$$X_i^j = X_{\min}^j + rand(0,1)(X_{\max}^j - X_{\min}^j)$$

۳: پروتکل WSN حاوی الگوریتم مصنوعی کندوی زنبور عسل

در این مقاله پروتکل های الگوریتم ABC برای شبکه هایی که سیستم موقعیت یاب جهانی ندارد و توسعه یافته است را بررسی می کنیم. هدف اصلی از فعالیت این پروتکل ها افزایش طول عمر شبکه از طریق به حداکثر رساندن تعداد بسته های انتقال یافته از طریق خوشه بندی می باشد. مکانیسم بسته بندی پروتکل پیشنهادی بر حسب تکنیک خوشه بندی پروتکل LEACH اجرا می شوند که در آنجا سرخوشه ها داده های جمع آوری شده از خوشه هایشان را پردازش می کنند. سرخوشه ها از CDXA MAC برای ارتباط با خوشه هایشان و از TDMA MAC برای ارتباط با ایستگاه اصلی استفاده می کنند. تفاوت های اساسی میان پروتکل های پیشنهادی و LEACH ، پردازش انتخابی سرخوشه ها (CH) می باشد. انتخاب این سرخوشه ها از طریق الگوریتم ABC در پروتکل های پیشنهادی اعمال می شوند در حالیکه LEACH از یک روش انتخابی تصادفی استفاده می کند.

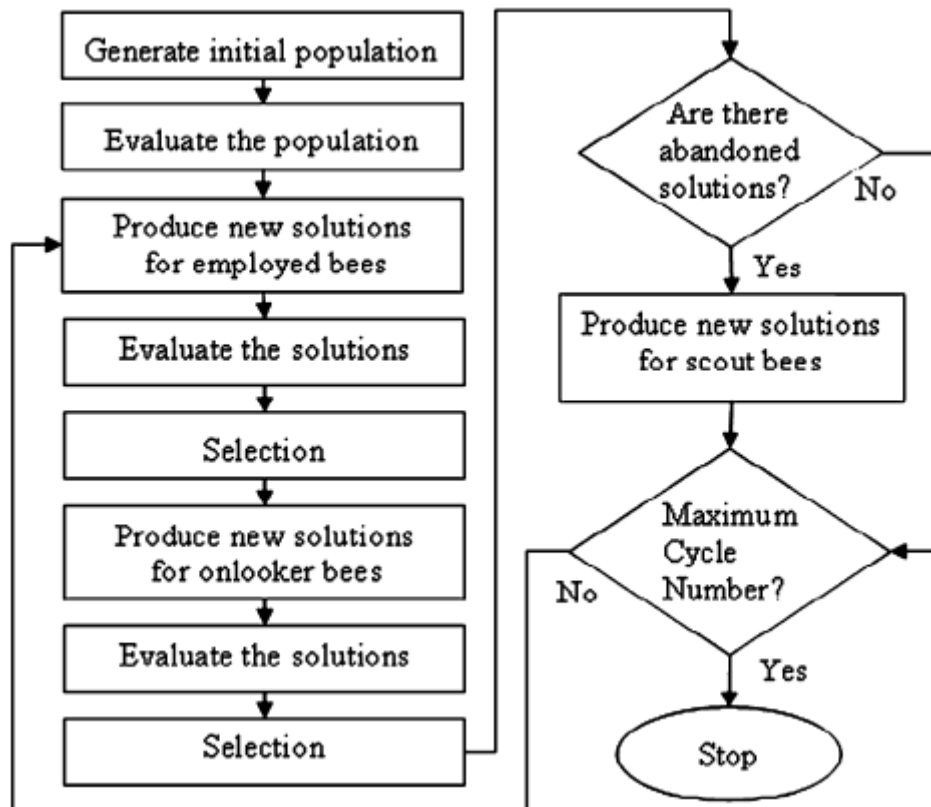
پروتکل پیشنهادی خوشه بندی شبکه بر پایه یک الگوریتم کنترلی متمرکز شده بنا شده که در پایگاه داده ها اجرا می شود. پایگاه داده ها یک گره با انرژی نا محدود می باشد. در یک شبکه گیرنده با گره های N و تعداد خوشه K ، شبکه می تواند به قسمت های زیر تقسیم بندی شود:

مرحله یک (ارزش گذاری جمعیت ، هر K به طور تصادفی ، سرخوشه را انتخاب کرده است.

مرحله دوم (ارزیابی عملکرد مناسب هر جزء در زمانی که :

i : هر گره n_i در شبکه :

a . محاسبه فاصله موجود (n_i, CH_K) میان n_i و همه سرخوشه ها CH_K



تصویر ۱: گام های اصلی الگوریتم ABC

b: تعیین n_i در CH_K وقتی که فاصله (n_i, CH_K) = { فاصله (n_i, CH_K) } $\min_{i=1,2,\dots,K}$
 ii. محاسبه عملکرد مناسب

مرحله سوم: به روز رسانی موقعیت با استفاده از الگوریتم های بهینه سازی
 مرحله چهارم: تکرار مرحله دو تا چهار تا آن جایی که تعداد این چرخه ها به حداکثر برسد.

۱-۳: خوشه بندی براساس استراتژی مسیر یابی

در کاربرد های WSN، گره های گیرنده، داده ها را جمع آوری و به مقصدی که یا در نزدیکی پایگاه داده و یا خود آن است ارسال می نمایند. در روش خوشه بندی سرخوشه ها اطلاعاتی را در خصوص داده های رایج گره های گیرنده جمع آوری کرده و سپس این اطلاعات خام را در قالب اطلاعات انتزاعی نهایی جمع آوری می کنند. مهمترین ایده جمع آوری داده ها، ترکیب اطلاعات بدست آمده از گیرنده های مختلف، اجرای فرآیندهایی ساده و به حداقل رساندن داده ها پیش از انتقال آنها به پایگاه می باشد. پروتکل LEACH یکی از شناخته شده ترین روش های خوشه بندی است که در WSN کاربرد دارد و طول عمر شبکه را تا حد زیادی افزایش می دهد. به نظر می رسد که هر گره قابلیت رسیدن ایستگاه اصلی را داشته باشد. گره ها در شبکه خودشان سرخوشه ها را انتخاب می کنند. فرآیند انتخاب سرخوشه ها در هر دور انجام می پذیرد. در روش احتمالی LEACH، node های گیرنده، عددی را به طور تصادفی انتخاب می کنند (0, 1)

وقتی این عدد از میزان آستانه $T(n)$ هم کمتر باشد، گره گیرنده خودش بعنوان یک سرخوشه عمل می کند. $T(n)$ پارامترهای G, n, r, p را دارد که به ترتیب درصدی از سرخوشه ها، شاخص گردش اخیر، شاخص گره گیرنده و مجموعه ای از گره ها که در گردش های $1/P$ انتخاب نشده اند را محاسبه می کند.

$$T(n) = \frac{P}{1 - P \cdot \{r \bmod (1/P)\}} \quad \text{فرمول شماره ۴:}$$

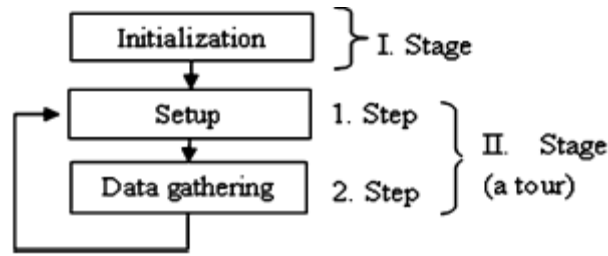
ارتباط در الگوریتم LEACH در دو مرحله انجام می شود. در مورد اول یکی از node ها از یک خوشه به طور مستقیم با سرخوشه ارتباط برقرار می کند و در مورد دیگر، سرخوشه اطلاعات جمع آوری شده را به پایگاه می رساند. گره گیرنده سرخوشه ها را انتخاب می کند. هر گیرنده برای اینکه یک سرخوشه باشد تصمیم گیری می کند. فرآیند انتخاب در هر دوره انجام می شود. پس از این فرآیند در هر چرخه، سرخوشه ها در گیرنده های دیگر شبکه پراکنده می شوند. سپس هر گره گیرنده برای هر خوشه از طریق انتخاب سرخوشه هایی که حداقل انرژی ارتباطی را لازم دارند، به یکدیگر متصل می شوند. تعداد بهینه خوشه ها در سیستم LEACH که صد گیرنده دارد پنج عدد می باشد.

پس از سازمان دهی خوشه ها در شبکه، هر سرخوشه، طرحی برای گردآوری اطلاعات داده های گره گیرنده در خوشه هایی که از پروتکل TDMAXAC استفاده می کنند، تولید می کنند. پس از آن سرخوشه ها داده های جمع آوری شده را برای جلوگیری از تداخل به صورت کدهای دارای CDAM به ایستگاه اصلی، ارسال می کند. ما به بررسی مدل شبکه گیرنده های بی سیمی می پردازیم که شامل پایگاه داده و تعدادی گره گیرنده است که در هر چرخه خوشه های LEACH را گروه بندی می کند. روش پیشنهادی از یک مکانیسم کنترلی متمرکز در پایگاه داده ها تشکیل شده که دارای دو مرحله است (تصویر شماره ۲).

در مرحله اول، شبکه اولیه وقتی که گره گیرنده در یک ناحیه گسترش پیدا می کند، ساخته می شود. در این مرحله اطلاعاتی در خصوص فاصله میان همه گره ها و وضعیت انرژی جمع آوری می شود. برای دریافت میزان این فاصله، گره ها پیام های اطلاعاتی را به شبکه ارسال می کنند. هر گره این پیام را از گره های دیگر با سیگنال های متفاوت دریافت کرده و سپس طبق فرمول شماره پنج مسافت را محاسبه می نماید. در این فرمول d_{ij} فاصله میان گره i ، j می باشد. f فرکانس ارتباطی، c سرعت نور، P^r طول فرکانس و P^s طول سیگنال فرستنده است. اگر متغیرهای c و P^s و f ثابت باشند، S را می توان از طریق این فرمول محاسبه کرد:

$$d_{ij} = S \cdot (P^r)^{-1/2}, \text{ where } S = C \cdot (P^s)^{-1/2} / 4kf \quad \text{فرمول شماره ۵:}$$

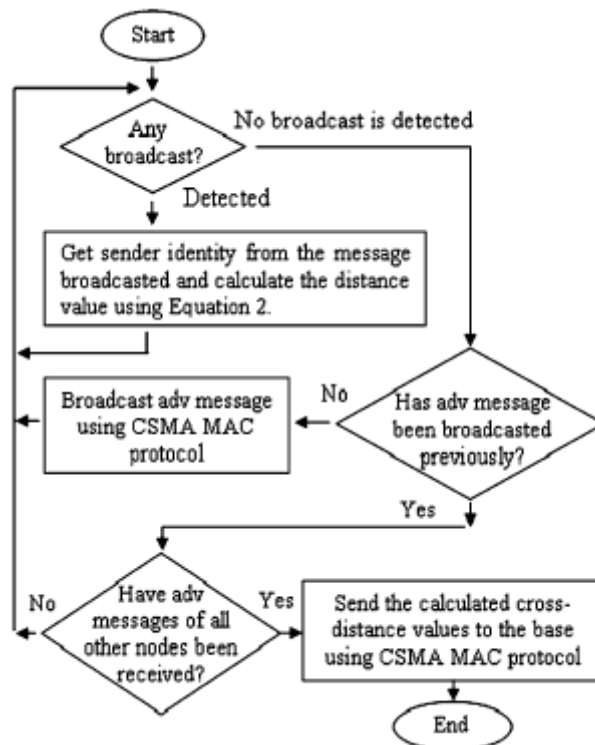
تفاوت عمده میان نسخه های پیشرفته و توسعه یافته LEACH و استراتژی های پیشنهادی به نرم افزار سیستم موقعیت یاب جهانی (GPG) بستگی دارد. در طرح خوشه بندی پیشنهادی این مسافت با استفاده از فرمول شماره پنج محاسبه می شود و انجام این فعالیت بدون استفاده از سخت افزارهای GPG بسیار هزینه بر خواهد بود. نمودار فرآیند جمع آوری پیام های اطلاع رسانی در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.



تصویر ۲: گام های اصلی پروتکل پیشنهادی

پس از دریافت و محاسبه این فاصله گره ها این اعداد را به ایستگاه هایی که در فرآیند انتخاب مورد استفاده قرار می گیرند ، ارسال می کنند.

این فرآیند با اجرای برنامه متمرکزی که الگوریتم ABC را داراست ، به انجام می رسد. فرآیند انتخاب سرخوشه ها مستلزم اطلاعاتی است که فاصله میان گره ها را تعیین کند. این اعداد در جدولی مانند جدول شماره یک ذخیره می شود. پس از مرحله اول ، اطلاعات جمع آوری شده به طور دوره ای ، اعمال می شوند. در مرحله نخست (نصب) سازماندهی خوشه ها با استفاده از انتخاب سرخوشه ها در چرخه های منظم انجام می پذیرد. سپس گره های گیرنده به نزدیک ترین سرخوشه ها متصل می شوند. پس از این فرآیند انتخاب داده های دوره ای شبکه با سرخوشه های مرحله دوم جمع آوری خواهند شد. در روش پیشنهادی که بر پایه الگوریتم ABC استوار است ، فرآیند انتخاب سرخوشه ها ، بر اساس تابع عضویتی که در انرژی ارتباطی که یک عامل مهم تلقی می شود کسب کرده اند ، انتخاب می شوند. فاصله میان اجزای ارتباطی با میزان مصرف انرژی رابطه تنگاتنگی دارد. یک گره فرستنده سیگنال های داده ها را در یک سطح معین و آنتن بالا برای یک ارتباط موفق ، انتقال می دهد. مقدار این سیگنال به طور تعریف شده ای در انتقال سیگنال با میزان d بیشتر (طبق فرمول شماره شش) کاهش می یابد.



تصویر ۳: دریافت پیام های اعلان و محاسبه فاصله

جدول ۱: فیلدهای مقادیر فواصل متقابل

Receiver identity (2-byte/16-bit)	Transmitter identity (2-byte/16-bit)	Distance value (2-byte/16-bit)
-	-	-
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
-	-	-

فرمول ۶ مقدار سیگنال دریافتی که توسط آنتن رادیویی ابزارهای گیرنده (حسی) دریافت شده است وقتی که فاصله ارتباطی کمتر از میزان d_{Limit} باشد، قابلیت مدل فضای آزاد را تعریف می کنند. علائم اختصاری که در این فرمول استفاده می شوند عبارتند از $P^r, P^s, L, \lambda, A^r, A^s$ که نشان دهنده آنتن های فرستنده و گیرنده، طول موج سیگنال انتقالی، مسافت میان اجزای ارتباطی، ارتفاع (طول) آنتن، قدرت سیگنال انتقالی و نیروی سیگنال گیرنده می باشد. این گمان وجود دارد که ابزار گیرنده به طور موفقیت آمیزی می تواند سیگنال را در زمانی که نیروی سیگنال گیرنده بیشتر و یا برابر با بیشترین میزان S در فرمول شماره ۷ باشد تفسیر نماید. این عدد در واقع پارامترهای سخت افزاری تعریف شده ای برای دریافت گیرنده های رادیویی می باشد.

$$P^r = \frac{P^s \cdot A^s \cdot A^r \cdot \lambda^2}{(4 \cdot H \cdot d)^2} \quad \text{فرمول شماره شش}$$

فرمول شماره هفت: $S \leq P^r$

وقتی که P^r در فرمول شماره شش افزایش می یابد فرمول شماره هفت هم تغییر می کند:

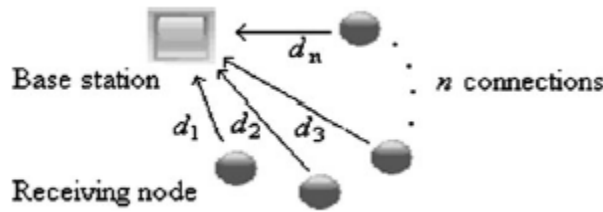
$$S \leq \frac{P^s \cdot A^s \cdot A^r \cdot \lambda^2}{(4 \cdot H)^2 \cdot d^2} \quad \text{فرمول شماره ۸}$$

و هنگامی که حساسیت رادیویی (S)، آنتن (A^r, A^s) طول موج سیگنال انتقالی (λ) و ارتفاع آنتن (L) باشد و عدد ثابت α در فرمول هشت اضافه شود، آنگاه فرمول ۹ به قرار زیر خواهد بود.

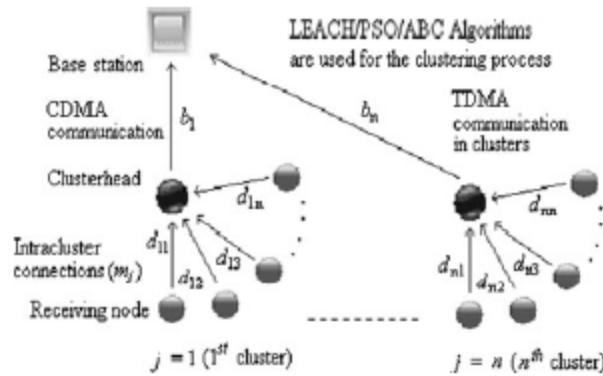
$$\alpha = \frac{S \cdot (4H)^2 \cdot L}{A^s \cdot A^r - \lambda^2} \quad \text{فرمول شماره ۹}$$

فرمول شماره ۹ اطلاعاتی در خصوص مقدار قدرت انتقال در ارتباط موفق با اجزای مقصد در مسافت نیاز دارد. در این فرمول به نظر می رسد که مصرف انرژی مجذور فاصله در مدل فضای آزاد باشد.

در شکل شماره چهار، اجزای ارتباطی مثل گره های گیرنده و ایستگاه ها در WSN ها از یک ارتباط مستقیم که فاصله بردار d نامیده می شود استفاده می کنند. یکی دیگر از نمونه های WSN در تصویر شماره پنج آمده است که در آن داده ها از طریق روش خوشه بندی جمع آوری شده اند. در این نمونه، ارتباط چند گانه با سرخوشه ها برای انتقال یک بسته تکی به پایگاه داده انجام می شود. در این الگو n تعداد خوشه ها m تعداد اتصالات خوشه زام است.



تصویر ۴: دریافت داده توسط روش ارتباط مستقیم



تصویر ۵: دریافت داده توسط روش خوشه بندی

بردار b ، d ، فاصله میان پایه و سرخوشه و فاصله میان سرخوشه و گره گیرنده را نشان می دهد. در روش خوشه بندی پیشنهادی، یک پایگاه داده ثابت با چند خوشه وجود دارد که این خوشه ها به طور پویا در هر چرخه، گروه بندی می شوند. یک ایستگاه الگوریتم مسیریاب را برای تولید سرخوشه های بهینه و مناسب در هر چرخه اجرا می کند. پس از آن گره های گیرنده سرخوشه را بر اساس کوتاه ترین فاصله تعیین می نمایند. اگر یک گره در فاصله ثابتی از چند سرخوشه قرار بگیرد، الگوریتم اولین خوشه ای که در لیست قرار گرفته را در بر می دارد. پس از انجام این مراحل سرخوشه ها و اطلاعاتشان وارد شبکه خواهند شد و یک چرخه آماده می شوند. در هر چرخه اطلاعات جمع آوری شده در دو مرحله، اعمال خواهند شد. در مرحله نخست، گره ها اطلاعات را به نزدیک ترین سرخوشه ها ارسال می کنند و در مرحله بعد، سرخوشه ها اطلاعات جمع آوری شده را ترکیب کرده و به ادامه حرکت می پردازند. از زمانی که روش پیشنهادی فرآیندهای پیچیده تر و محاسباتی بیشتری را مورد استفاده قرار داد، الگوریتم LEACH هم بیشتر از قبل مورد توجه قرار گرفت. LEACH نوعی الگوریتم پراکنده (پخش شوند) است که بیشتر روی گره های گیرنده که قابلیت سخت افزاری کمتری دارند، اعمال می شود. هر چند الگوریتم مسیریاب روش پیشنهادی در پایه های نظیر سخت افزارهای پر قدرت در مواردی که مشکلات بزرگی در یک سیستم پیدا می شود، اجرا می گردد.

جدول ۲: یک آرایه مسیر

1	2	n
CH_1	CH_2	CH_k

۳-۲: تابع عضویت پیشنهادی برای ABC

ABC برای تعیین سرخوشه ها در مواردی که هر راه نشان دهنده یک آرایه K آیتمی و هر ایتم شامل یک نود است، تعریف می شود. نمونه این راه مرتب و منظم را می توانید در جدول شماره دو مشاهده کنید. ABC جمعیتی (خوشه ای) از زنبورها را برای یافتن سرخوشه ها بکار می گیرند. زنبورها به سوی مکان تحقیقاتی با ابعاد k پرواز می کنند. هر کدام از زنبورهای کارگر با سرخوشه های گره های گیرنده ارتباط برقرار خواهند کرد. نسبت انتخاب سرخوشه ها را نسبت عددی هم می گویند که با نسبت مصرف انرژی در هر چرخه نسبت عکس دارد. اگر ما زمان انتقال هر بسته اطلاعات را یادداشت کنیم، مصرف انرژی را با حاصلضرب نیروی انتقال (P^S) در زمان (t) می توان محاسبه کرد. فرمول های شماره ده و یازده حداقل انرژی مورد نیاز هر خوشه را محاسبه می کند (با توجه به فرمول شماره نه)

در این فرمول ها، m تعداد گره ها، i شاخص گره، d فاصله میان گره i ام و سرخوشه، b فاصله میان سرخوشه و ایستگاه و E انرژی انتقال خوشه می باشد. وقتی چند خوشه وجود داشته باشد، محاسبه حداقل مصرف انرژی روی فواصل تاثیر گذار خواهد بود (بنابر فرمول شماره دوازده) که مجموع مصرف انرژی را در خوشه ها نشان میدهد. در این فرمول J شاخص خوشه ها، d_{ij} فاصله میان i امین گره و j امین سرشاخانه و b_j فاصله میان j امین سرخوشه و ایستگاه می باشد.

$$E = \sum_i^x P_i^s \geq \alpha \cdot (\sum_i^x d_i^2 + b^2) \cdot t \quad \text{فرمول شماره ده}$$

اگر w حاصلضرب α و t باشد، فرمول شماره یازده بدست می آید:

$$E \geq \sum_i^m d_i^2 + b^2 \quad \text{فرمول شماره یازده:}$$

$$\sum_{j=1}^n E \geq w \cdot \sum_j^n (\sum_i^{mj} d_{ij}^2 + b_j^2) \quad \text{فرمول شماره دوازده:}$$

به این ترتیب با کاهش مصرف انرژی فاصله میان گره ها و سرخوشه ها، فاصله میان سرخوشه ها و ایستگاه هم کاهش می یابد. زمانی که سرخوشه انرژی کافی را برای برقراری ارتباط در چرخه جاری فراهم شود، میزان انرژی گره ها هم برای انتخاب اهمیت پیدا می کنند. یک سرخوشه باید انرژی کافی را برای دریافت پیام ها (E^{PX}) از گره ها در خوشه و انتقال این پیام ها (E^{TX}) به پایه فراهم کند.

بر طبق این مطالب، عملکرد و تابع عضویت (f^{dist}) را در فرمول شماره سیزده می توان محاسبه کرد که با مصرف انرژی نسبت عکس دارد و در فرمول شماره مصرف انرژی E^{PX} و E^{TX} را هم می توانید بدست بیاورید. علائم اختصاری $b, E^{amp}, E^{lelc}, k, E_{RX}, E_{TX}, m_j, E_j, j, i$ به ترتیب شاخص گره، شاخص خوشه، سطح انرژی، گره i ام، تعداد گره ها در خوشه j ام، انرژی انتقال، مصرفی دریافت پیام، تعداد پیام های انتقالی، پارامتر رادیوالکترونیک، پارامتر تقویت کننده انتقالی و فاصله میان سرخوشه j ام و پایه می باشد.

فرمول شماره سیزده:

$$F^{CWA} = f^{\text{dist}} = \left[w \cdot \sum_j^n (\sum_i^{mj} d_{ij}^2 + b_j^2) \right]^{-1}$$

فرمول شماره چهارده:

$$E_j \geq (x_j \cdot E^{RX} + E^{TX})$$

$$E^{RX} = E^{elec} .k$$

$$E_i^{TX} = E^{elec} .k + E^{amp} .k.b_j^2$$

پروتکل پیشنهادی از همان تابع عضویتی که در فرمول شماره سیزده حاصل شده ، استفاده می کند . نام این پروتکل CWA یا همان الگوریتم مسیریاب شبکه گیرنده بی سیم می باشد. برای ایجاد داده هایی با ساختار مناسب که توسط سرخوشه ها جمع آوری شده اند پروتکل TDMA در فرآیند اجتماع و متراکم ساختن درون خوشه ای بیش از پیش مورد استفاده قرار می گیرد. این پروتکل در ارتباط با ایستگاه ها که سخت افزارهایی پیچیده تر از گره های گیرنده دارند هم مورد استفاده قرار می گیرند. آنها توانایی مقایسه شدن با استانداردهای MAC را بخوبی دارا می باشند.

۳-۳: بهبود تابع عضویت

سرخوشه ها مسئول ترکیب اطلاعات و داده های جمع آوری شده از خوشه ها و هدایت به پایه هستند. هنگامی که پیام های ارسالی و محاسباتی از پایه به گره های سرخوشه افزایش پیدا می کند ، انرژی این گره ها هم نسبت به گره دیگر افزایش خواهد یافت.

باتری این سرخوشه ها اغلب مانند نود های دیگر انتخاب می شوند که این باتری ها وقتی به حد بحرانی می رسند نمی توانند عملکرد خوبی داشته باشند. بنابراین مشکل خالی شدن سریع انرژی در باتری های سرخوشه موضوع مهم و نگران کننده ای به نظر می رسد. محاسبه صحیح از طریق توجه به میزان باتری گره های گیرنده صورت می پذیرد. ذکر این نکته ضروری است که زمانی که یک گره بعنوان یک سرخوشه مکررا انتخاب می شود ، سطح انرژی آن به سرعت کاهش می یابد. با افزایش طول عمر شبکه ، فعالیت این گره ها (که باتری ضعیف تری دارند) هم بهبود می یابد. برای انتخاب یک سرخوشه ، سطح انرژی هر گره کمتر از سطح استاندارد خواهد بود. این روش انحراف مصرف انرژی را از حد مطلوب (C) نشان میدهد و در فرمول شماره پانزده θ, σ ارزش آستانه ای ، $E_j^{current}$ سطح انرژی سرخوشه j ام (در مجموعه ای از اجزای m) و f^{energy} هم مقدار عضویت می باشد. در این فرمول σ مجموعه ای از اعداد θ ، θ مجموعه ای از ۹ و ۰ بوده تا مقدار عضویت بین ۱۰۰ تا ۹۰ درصد را فراهم سازد تا زمانی که سطح باتری تا سطح بحرانی کاهش پیدا می کند.

فرمول شماره پانزده

$$C = \begin{cases} f^{energy} \geq \theta \\ f^{energy} < \theta \end{cases} \quad \text{if } \min_{j=1}^m (E_j^{current}) \geq \sigma$$

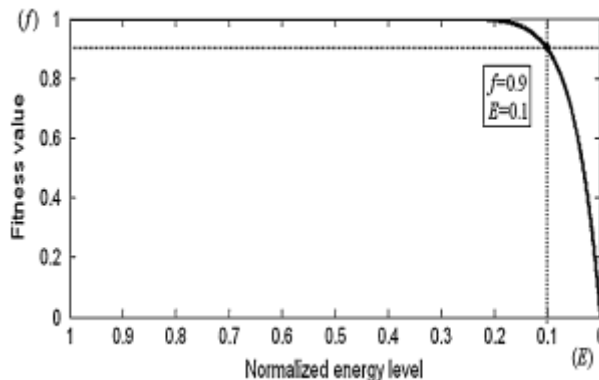
در فرمول شماره شانزده یک مدل ریاضی از این گره بدست می آید که در شکل شماره شش هم می توانید مشاهده کنید.

فرمول شماره شانزده:

$$\tau = -Q \cdot \frac{\min_{j=1}^m (E_j^{current})}{\min_{j=1}^n (E_i^{current}) - \min_{j=1}^m (E_j^{current})} \quad f^{energy} = 1 - e^{\tau}$$

در این فرمول i شاخص گره ، n تعداد گره های شبکه ، j شاخص سرخوشه در چرخه ، m تعداد سرخوشه و $E^{current}$ سطح انرژی نرمال گره می باشد. از پارامتر Q برای تعیین درجه تحذب تابع عضویت استفاده می شود. یعنی زمانی که $\sigma = 10$

است $\theta = 90\%$ باشد. الگوریتم هایی که از سطح انرژی مناسب در کنار مصرف صحیح این انرژی استفاده می کنند را نسخه پیشرفته خوشه های شبکه گیرنده بی سیم دارای الگوریتم مصنوعی زنبور عسل (ICWA) هم می نامند.



تصویر ۶: نمودار تابع عضویت سطح انرژی

۳-۴: کیفیت پیشنهادی معیاری با عملکرد صحیح

کیفیت این سرویس (QOS) ، استانداردهای مهم در ارتباط اطلاعات می باشد که شامل پارامترهای مثل تأخیر ، بی ثباتی و پهنای باند هستند. تأخیر در تحویل بسته ها ، یکی از این پارامترهاست که به طور مستقیم روی عملکرد پروتکل مسیریاب تأثیر می گذارد. افزایش کیفیت و هم چنین زمان تحویل بسته ها به یکدیگر مربوط هستند. تأثیر پارامتر تأخیری با تعداد بسته های تحویل داده شده در یک زمان خاص نشان می دهد که تأخیر کمتری در انتقال بزرگترین بسته های اطلاعاتی وجود دارد و این دلیلی بر کیفیت بالا می باشد.

در مدل WSN ، یک چرخه ارسال تمام اطلاعات جمع آوری شده از خوشه ها به سر خوشه ها می باشد. زمانی که پروتکل TDMA مورد استفاده قرار می گیرد، بزرگترین خوشه ، حداکثر زمان را برای فرآیند جمع آوری اطلاعات خواهد داشت. خوشه ای که بیشترین تعداد اجزای تعریف شده را دارد بیشترین تأخیر را در یک چرخه تولید می کند. بر همین اساس تابع عضویت طبق فرمول شماره هفده به دست خواهد آمد.

فرمول شماره هفده :

$$f^{qos} = [\max_{i=1, \dots, n} (m_i + 1)]^{-1}$$

در این فرمول n تعداد خوشه ها ، m_i تعداد اعضای خوشه i ام خواهد بود. فرمول هفت زمان انتقال خوشه هایی که شامل m_i از خوشه به سر خوشه و از سر خوشه به ایستگاه است را محاسبه می کند. الگوریتم های مسیریابی که از سطوح انرژی مناسب ، مصرف انرژی بهینه و QOS استفاده می کنند ، نسخه پیشرفته و توسعه یافته خوشه های متکی بر شبکه گیرنده بی سیم الگوریتم مصنوعی زنبور عسل (ICWAQ) نامیده می شوند.

۳-۵: متحد شدن (یکی شدن) توابع عضویت

الگوریتم ABC ، کیفیت مناسب سرخوشه های پیشنهادی از طریق مقدار عضویت در رنج (0 , 1) معین و مشخص می شود. فرمول شماره هجده شامل f^{dist} و f^{energy} می باشد که با استفاده از پارامتر β می توان وزن را تعیین کرد. فرمول شماره هجده :

$$f^{ICWA} = \beta \cdot f^{dist} + (1 - \beta) f^{energy}$$

فرمول شماره نوزده تابع عضویت f^{ICWA}, f^{Qos} را از طریق پارامتر δ با هم ترکیب می کند. پیش از مرحله ترکیب مقادیر عضویت در هر دو فرمول، باید نرمال سازی شود:

فرمول شماره نوزده:

$$f^{ICWA} = \delta \cdot f^{ICWA} + (1 - \delta) \cdot f^{Qos}$$

۴: نتایج شبیه سازی

کارایی پروتکل های پیشنهاد شده (ICWAQ, ICWA, CWA) با پارامترهای مختلف محیط با به کارگیری یک مدل موازی مجزای دوره ای انتقال داده ها در آزمایشگاه امتحان شده اند. در شبیه سازی ها، شبکه مرکب است از ۱۰۰ گره که به طور تصادفی در یک منطقه ی ثابت $500m \times 500m$ و یک ایستگاه (250,575M) نزدیک کناره ی زمینه قرار گرفته است. فرض شده است که هر گره ظرفیت برقراری ارتباط با دیگر گره ها در زمینه به مانند ایستگاه پایه دارد. روش پیام رسانی با آنتن های ایزوتوپ (همگرا) در فضای آزاد مانند آنچه در (۲۷) شرح داده شد به کار رفته است. پارامترهای رادیوالکترونیک E^{elec} نیروی تقویت کننده فرستنده E^{amp} مانند آنچه در (۱۱) گفته شد، اندازه بسته ی k و ارتباط دوره ای f برای دریافت و فرستادن قسمت ها است که مقدار این پارامترها به ترتیب گرفته شده اند. $250kbit/s, 512kbit, 100pj/bit/m^2, 50nj/t$ در آزمایشات تمامی گیرنده های محیط در یک سرعت زمینه به مانند آنچه در (۱۱) فرض شده می فرستد که انتقال تمامی داده ها را فراهم می کند. در این مدل انرژی انتقال کانال فرض شده که متناسب با d^2 کاهش می یابد (مربع مسافت)

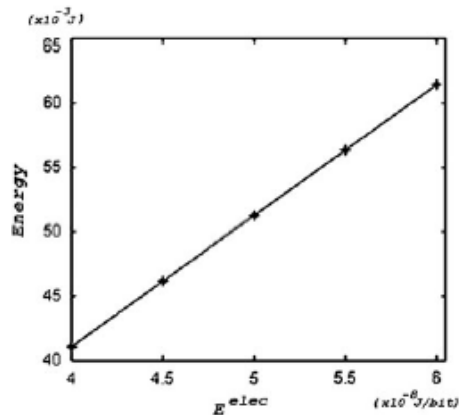
برای ارزیابی پروتکل های پیشنهاد شده نتایج شبیه سازی با پروتکل LEACH (۱۱) و پروتکل های (۲۰) PSO از طریق بدست آوردن مقادیر ۱۰ اجرا مقایسه شده اند. مقدار احتمال انتخاب گره به عنوان سرخوشه ۰/۰۵ برای الگوریتم LEACH و مقدار سرخوشه که ۵ برای الگوریتم ABS و PSO گرفته شد و E^{RX} و E^{TX} پراکندگی انرژی است که با استفاده از مسافت d و مقدار پیام ها (kbit) محاسبه شده است. مانند رابطه های ۲۰ و ۲۱:

$$E^{RX} = E^{elec} \cdot k \quad (۲۰)$$

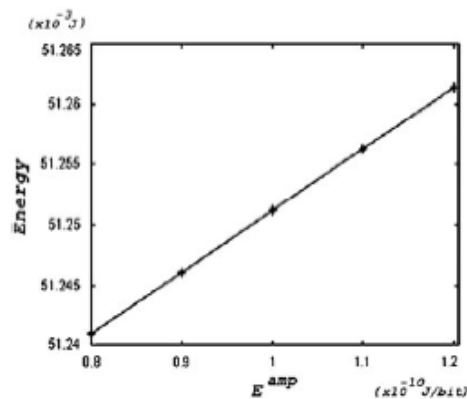
$$E^{TX} = E^{elec} \cdot k + E^{amp} \cdot k \cdot d^2 \quad (۲۱)$$

ما از یک باتری لیتویم کوچک در گره ها استفاده کردیم که می تواند در حدود 100 ج انرژی فراهم کند. برای مدلسازی یک روش واقع بینانه WSN میزان انرژی متفاوت در نظر گرفته شده است. مثلاً به طور تصادفی به ۲۰ درصد گره ها 100j و به ۸۰ درصد باقی مانده 40j در محیط اولیه شبیه سازی داده شده است. در آزمایشات، تا زمانی که مقدار گره های زنده ۲۰ درصد کل گره ها است شبکه بالا قرار دارد و یا با داشتن کمتر از ۵ داوطلب انرژی شبکه خالی شده فرض شده و شبیه سازی پایان یافته است. در شبیه سازی ها مشاهده مسافت بین گره های انتقال دهنده و دریافت کننده می تواند آسان تر باشد. کلید تعیین مقدار انرژی مصرف به مانند پارامترهای رادیو E^{amp}, E^{elec} کیفیت پیمانه های انتقال دهنده و دریافت کننده

رادیویی را آماده سازی می کند. برای ساخت یک سنسجش قابل اطمینان مقادیرهای E^{elec} , E^{amp} به ترتیب $100pj/bit/m^2$, $50nj/bit$ انتخاب شده اند. به مانند آنچه در (۱۱) نشان داده شد.



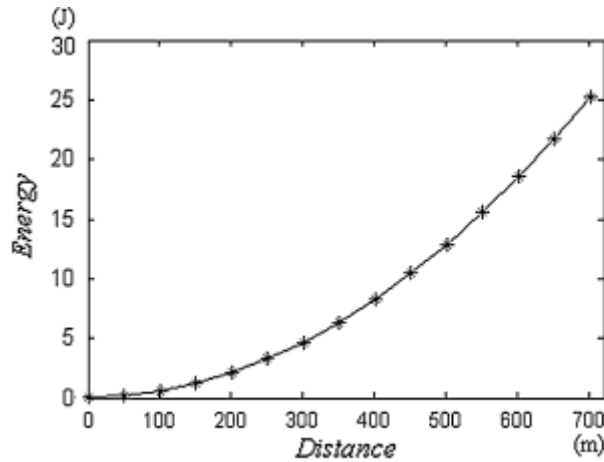
تصویر ۷: کل اتلاف انرژی برای مقادیر مختلف E^{elec}



تصویر ۸: اتلاف انرژی کل برای مقادیر مختلف E^{amp}

عکس ۷ و ۸ نتایج منحصر به فرد پارامترها را در نزدیکی مقدار انتخاب شده توضیح می دهد که کل انرژی مصرف شده را برحسب ژول برای فرستادن یک بسته ی k -bit به گروه دریافت کننده در مسافت d می دهد. با توجه به عکس دیده می شود که داشتن مقدار کمتر E^{elec} , E^{amp} باعث مصرف انرژی کمتر می شود، مانند انتقال رادیویی کیفیت پایین، به خاطر مسافت ارتباط کمتر.

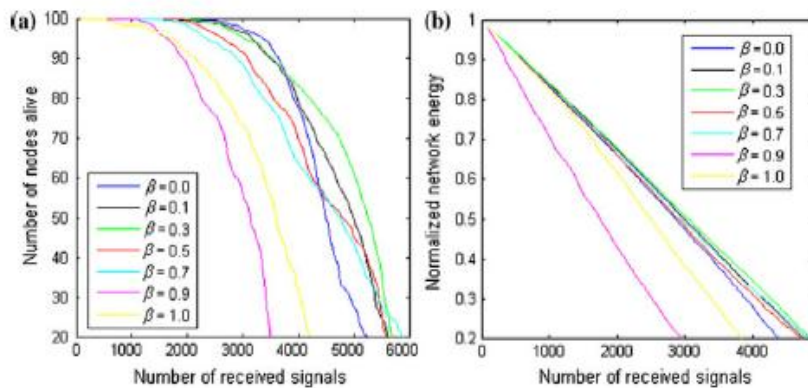
فاصله ی بین گره های فرستنده و دریافت کننده یک پارامتر فیزیکی دیگری برای تعیین انرژی مصرف است. در عکس ۹ نشان داده شده است که پراکندگی انرژی در میدان ثابت مسافت به وسیله ی فضای آزاد نمونه رادیو افزایش یافته است. مقدار کل سیگنال ها از شبکه در طی مدت عمر شبکه جمع شده است که فرض شده است شبکه طول عمر بیشینه داشته باشد. انرژی مصرف کل گره ها در یک چرخه یک پارامتر ضروری برای تعیین طول عمر شبکه است. بخاطر اینکه تقلیل انرژی سر خوشه ها بسیار بیشتر از بقیه است سطح انرژی این گره ها باید بررسی شده باشد. برای گرفتن این مقادیر معادله (۱۸) که وابسته به مقدار β است پیشنهاد شده است.



تصویر ۹: کل انرژی اتلاف شده برای فواصل مختلف

شکل ۱۰ نتایج کارایی پروتکل ICWA برای ۷ مقدار مختلف β که در برد (۱ و ۰) داده شده و در جدول ۳ را نشان داده شده است را نمایش میدهد. روشن است وقتی که در محیط β به ۰ میل میکند پروتکل ICWA به مانند پروتکل CWA که مستقل از سطح انرژی است رفتار می کند. این روش های شبیه سازی وقتی ۸۰ درصد گره ها می میرند (عکس (a) ۱۰) و ۸۰ درصد انرژی شبکه مصرف شده است متوقف می شود. برای مشاهده مقدار کل سیگنال های دریافت شده مانند آنچه از عکس ها دیده شد. وقتی $\beta = 0.3$ باشد شبکه طول عمر بیشتری را نسبت به زمانی که β مقادیر دیگری را دارد خواهد داشت که به خاطر دریافت مقدار سیگنال های کوچکتر در طول عمر شبکه است.

پروتکل ICWAQ یک پارامتر افزایش QoS به ICWA اضافه می کند که انرژی مصرفی و سطح انرژی هستند. یک پارامتر (δ) بعنوان وزن مقدار QoS در تابع عضویت ترکیب شده استفاده می شود. رابطه ی (۱۹) اگر پارامتر δ به ۰ میل کند پروتکل ICWAQ مانند پروتکل ICWA بدون ضابطه QoS رفتار خواهد کرد.



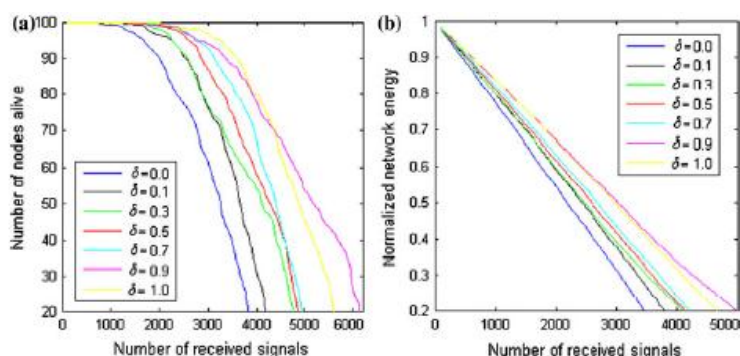
تصویر ۱۰: a: مقادیر β برای نود های زنده و b: مقادیر β برای انرژی باقی مانده شبکه

جدول ۳: بهترین مقادیر برای پارامتر های β و δ

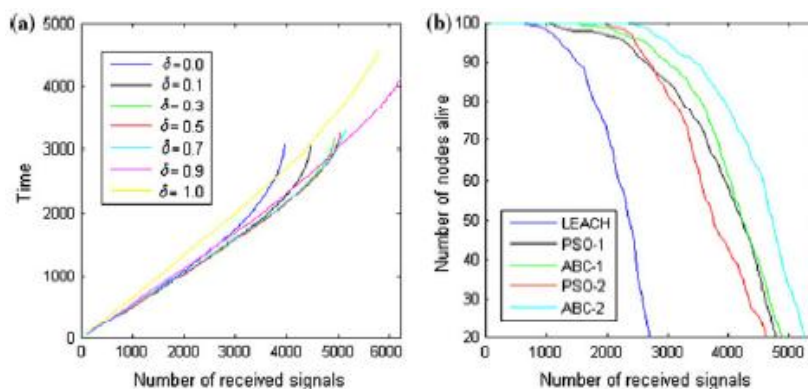
Parameter	Set of values	The best
β	[0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1]	0.3
δ	[0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1]	0.9

تصویر ۱۱ نتایج کارایی پروتکل ICWAQ بر ۷ مقدار مختلف در برد (۰ و ۱) نشان می دهد. شبیه سازی تا زمانی که ۸۰ درصد گره ها بمیرند (شکل (a) ۱۱) و ۸۰ درصد انرژی شبکه مصرف شود (شکل (b) ۱۱) ادامه دارد، برای مشاهده ی مقدار کل سیگنال های دریافت شده به مانند آنچه که در پارامتر β که مقدار آن ۰/۳ قرار گرفته است مشاهده می شود. در شکل ۱۱ دیده شد که استفاده از ۰/۹ برای δ گره های زنده ی بیشتری نسبت به سایرین در طی طول عمر کل فراهم می کند. با توجه به عکس دیده می شود که ۰/۹ برای δ مصرف انرژی موثری را به وسیله ی انتقال مقدار بیشتر سیگنال را فراهم می کند.

عکس (a) ۱۲ نشان می دهد کارایی پروتکل ICWAQ برای مقدارهای متفاوت δ در دوره های گذشته در مقابل سیگنال های دریافت شده. اگر چه مقادیر ۰/۱ و ۰/۳ و ۰/۵ δ انتقال سیگنال بیشتر برای یک دوره ی محدود از شروع به خاطر طول عمر کوتاه تر شبکه است فراهم می کند. برای گرفتن مقدار طول عمر کافی شبکه ، گره مقدار ۰/۹ را به خاطر به تاخیر افتادن کمتر بر انتقال مقدار مشابه سیگنال ها به کار می برد. بنابراین مقدار ۰/۹ مانند مقدار بهترین کارایی بهتری برای ضابطه QoS طول عمر بیشینه شبکه دارد. زمانی که QoS بررسی نشود ($\delta = 1$) ضابطه تابع انرژی (f^{ICWA}) باشد باید بر روی تصمیم موثرتر باشد. طول عمر بیشتر در عوض رسیدگی سرویس مناسب ایجاد می شود. در جدول ۳ بهترین مقادیر β و δ نشان داده شده اند پروتکل پیشنهاد شده ی ICWAQ بهترین مقادیر پارامترها را استفاده می کند.

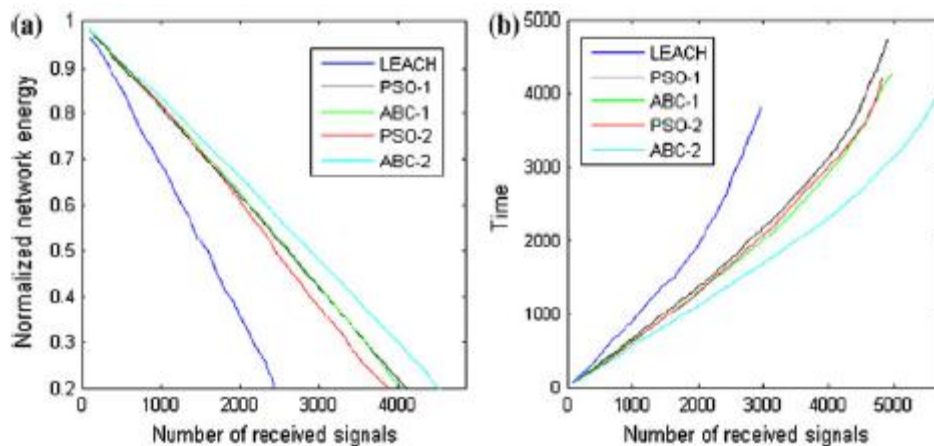


تصویر ۱۱: a: مقادیر δ برای نود های زنده شبکه b: مقادیر δ برای انرژی باقیمانده شبکه



تصویر ۱۲: a: مقادیر δ برای زمان های انتقال و b: تعداد نوع های زنده برای پروتکل های مختلف

در سنجش کارایی پروتکل پیشنهاد شده (ICWAQ) پروتکل های LEACH , PSO-1 در عکس (b) ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده اند. شرح اطلاعات پروتکل ها در (۱۱) و در (۱۲) می توانند یافت شوند شامل سنجش هایی در پروتکل ها با استفاده از انتقال مستقیم ، مسیریابی MTE ، خوشه های ایستا ، خوشه ی K ، معادله ی تابع غیر مطابق پروتکل (LEACH , PSO-1 , ABC-1 , PSO-2 , ABC-2 و ICWAQ) به طور خلاصه در جدول ۴ داده شده اند. در مطالعات (۲۰ و ۱۵ و ۱۱) نتیجه گرفته شد که پروتکل PS-1 موفقیت بیشتری نسبت به نتایج دیگر می دهد. در مرحله ی ساخت یک مقایسه ی قابل اطمینان پروتکل ABC-1 با استفاده از تابع غیر مطابق مانند آنچه در (۲۰) مطالعه شد. PSO-1 و ABC-2 و پروتکل PSO-2 ، مشابه تابع غیر مطابق استفاده شد. نتایج کارایی پروتکل های یاد آوری شده شامل LEACH در عکس (b) ۱۲ و ۱۳ داده شده اند.



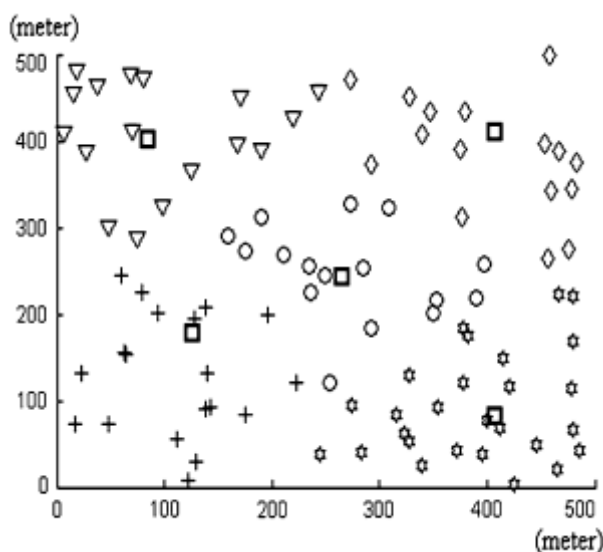
تصویر ۱۳: a: نرمال سازی انرژی شبکه و b: زمان های انتقال

جدول ۴: توابع عضویت استفاده شده توسط پروتکل ها

Function	Protocol
$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1-P \bmod(1/P)} & \text{if } n \in G, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$	LEACH
$F = (f_1 + f_2)/2$	PSO-1, ABC-1
$f_1 = \left\{ \max_{j=1, \dots, n} \left[\sum_{i=1}^{m_j} (d_{ij}/m_j) \right] \right\}^{-1}$	
$f_2 = \sum_{j=1}^n E_j / \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^{m_j} E_{ij} \right)$	
$f^{ICWAQ} = \delta \cdot f^{ICWA} + (1 - \delta) \cdot f^{qos}$	PSO-2, ABC-2
where $f^{qos} = \left[\max_{i=1, \dots, n} (m_i + 1) \right]^{-1}$	(ICWAQ)

کارایی پروتکل ها به وسیله رسم کردن تعداد گره های زنده به حالت عادی در آمد مشاهده شده اند. انرژی از بین رفته و کل زمان تحویل در مقابل کل مقدار سیگنال های دریافت شده که می تواند به ترتیب در عکس های (b) ۱۲ و (a) ۱۳ دیده شود. افزایش کارایی به وسیله نگه داشتن انرژی و نگه داشتن تعداد گره های زنده تا حد ممکن فراهم شده است. عکس (b) ۱۲ نشان می دهد که پروتکل ABC-2 منجر به کمترین مرگ در طی عمل گرد آوری داده ها می شود. وقتی که تعداد

گره زنده به نصف کاهش می یابد پروتکل در حدود ۱/۵ بار بیشتر سیگنال از بقیه دریافت می کند. عکس (a) ۱۳ نشان می دهد سیگنال های دریافت شده به وسیله میانگین انرژی از بین رفته در پروتکل ABC-2 کارایی بیشتری از بقیه به وسیله ذخیره بیشتر انرژی مصرفی دارد. تفاوت در کارایی می تواند به آسانی دیده شود که انرژی کل نزدیک به تمام شدن است.



تصویر ۱۴: نمونه ای از توزیع گره های حسگر

در عکس (b) ۱۳ دیده می شود که پروتکل ABC-2 جمع آوری داده های بیشتری را در زمان های کوتاهتر انجام می دهد. و یک نتیجه موفق در سرویس نامناسب ایجاد می کند.

از سوی دیگر، دیده شده است که پروتکل های PSO-1 و ABC-1 و PSO-2 کارایی مشابه ای را انجام می رساند که سه پروتکل در حدود ۵۰۰۰ سیگنال دریافت شده در زمان های مشابه می فرستند. در کل پروتکل ABC-2 کارایی بهتری نشان میدهد نسبت به کارایی دیگر خوشه ها مانند ABC-1 و PSO-1 و PSO-2 و LEACH. در ضمیمه موقعیت گره ها و مقدار سیگنال های دریافت شده برای پیکربندی داده شده بر پایه ی استفاده الگوریتم های شبکه اثبات شده است. پیکربندی ها به وسیله نوبت ها به صورت عکس نشان داده شده اند مانند I, S, n, m, j, r سرخوشه ها، مقدار اعضای هر خوشه، مقدار گره های زنده که انرژی کافی برای ارتباط دارند، مقدار سیگنال های دریافت شده برای هر سرخوشه و مقدار کل سیگنال های دریافت شده فهرست شده اند.

مقدار S برای i امین پیکربندی به وسیله رابطه ۲۲ داده شده است.

$$S_i = Z + \sum_{j=1}^Z n(e_{ij} > E) \quad (22)$$

که Z سرخوشه است، Z مقدار خوشه ها، e_{ij} سطح انرژی i امین عنصر از Z امین خوشه، n یک تابع که مقدار گره های سطح انرژی کم ترین (E) برای ارتباط با یک تور داشته باشد هستند.

موفقیت پروتکل پیشنهاد شده در این است که به انتخاب سرخوشه مطلوب تکیه می کند. یک نمونه توزیع در شبکه شبیه سازی شده که به وسیله الگوریتم ABC خوشه بندی شده در شکل ۱۴ نشان داده شده است که در سرخوشه ها با میدان ها و اعضای خوشه ها با دیگر علامت ها نشان داده شده اند.

همانطور که از عکس می توان مشاهده کرد سرخوشه ها به وسیله ایجاد الگوریتم ABC به طور یکسان انتخاب شده است که خوشه ها اندازه های تقریباً برابر مناطق دارند.

هدف اصلی استفاده از کاربردهای WSNs جمع آوری اطلاعات از زمینه به طور دوره ای است. افزایش مقدار کلی سیگنال های جمع آوری شده در طی طول عمر شبکه ضروری است تا بیشترین سود را از WSNs بگیرد. در این صفحه انرژی جدید ذخیره می کند. روش دوره ای طول عمر بیشتر شبکه به وسیله جمع کردن مقدار بیشتر سیگنال از زمینه خواهد داشت. پروتکل پیشنهاد شده ICWAQ موثر استفاده می شود و جستجو سریع خصوصیات الگوریتم ABC به بهینه سازی خوشه های گره در انتخاب پیشرفت تدریجی سر خوشه راه عبور دوره را تعیین می کند. موفقیت خوشه ی الگوریتم ABC با پروتکل های PSO , LEACH , مقایسه شده است. پروتکل ICWAQ تنها طول عمر شبکه را امتداد نمی دهد همچنین یک مکانیسم سرویس مناسب برای رسیدگی به تاخیرات بین سیگنال های دریافت شده از خوشه ها به کار می برد. نتایج شبیه سازی ثابت می کند که در یک دوره ی انتقال پروتکل ICWAQ می تواند طول عمر شبکه بیشینه و انتقال مینیم به تاخیر می اندازد. در کار بعدی مشغول مطالعه خوشه با الگوریتم ABC بر روی دوره ی شبکه های شامل گره های متحرک هستیم مانند مقایسه کارایی الگوریتم در مقابل دیگر الگوریتم های بهینه سازی و تجزیه اثر کانال های شلوغ و فیزیکی دیگر و نتایج لایه ی MAC بر روی موفقیت خوشه های نزدیک دیده می شود.

منابع

1. Akyildiz, I., & Mehmet, C. V. (2010). WSN applications. *Wireless Sensor Networks*, 1, 17–35.
2. Giuseppe, A., Marco, C., Mario, D. F., & Andrea, P. (2009). Energy conservation in wireless sensor networks: A survey. *Ad Hoc Networks*, 7, 537–568.
3. Yang, J., Zhang, C., Li, X., Huang, Y., Fu, S., et al. (2010). Integration of wireless sensor networks in environmental monitoring cyber infrastructure. *Wireless Networks*, 16(4), 1091–1108.
4. Akyildiz, I., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: A survey. *Computer Networks*, 38, 393–422.
5. Ergen, S. C., & Varaiya, P. (2010). TDMA scheduling algorithms for wireless sensor networks. *Wireless Networks*, 16(4), 985–997.
6. Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer Networks*, 52, 2292–2330.
7. Goldsmith, A. J., & Wicker, S. B. (2002). Design challenges for energy-constrained ad hoc wireless networks. *IEEE Wireless Communications*, 9, 8–27.
8. Anastasi, G., Conti, M., Falchi, A., Gregori, E., & Passarella, A. (2004). Performance measurements of motes sensor networks. In *Proceedings of the 7th ACM International Symposium on modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems* (pp. 174–181).

9. Crossbow Technology, Inc. (2010). MICAz module datasheet. Available at: http://www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICAz_Datasheet.pdf.
10. Al-Karaki, J. N., & Kamal, A. E. (2004). Routing techniques in wireless sensor networks: A Survey. *IEEE Wireless Communications*, 11, 6–28.
11. Heinzelman, W., Chandrakasan, A., & Balakrishnan, H. (2000). Energy-efficient communication protocols for wireless microsensor networks. In *Proc. hawaaian int. conf. on systems science* (pp. 1–10).
12. Heinzelman, W. (2000). Application specific protocol architectures for wireless networks. PhD Thesis, MIT.
13. Lindsey, S., & Raghavendra, C. (2002). Pegasus: Power-efficient gathering in sensor networks. In *Proceedings of IEEE aerospace conference* (Vol. 3, pp. 9–16).
14. Huang, Y., Wang, N., & Chen, M. (2008). Performance of a hierarchical cluster-based wireless sensor network. In *IEEE International Conference on ubiquitous and trustworthy computing* (pp. 349–354).
15. Dorigo, M., & Caro, D. G. (1999). Ant colony optimization: A new meta-heuristic. In *Proceedings of CEC99 Congress on Evolutionary Computation* (pp. 1470–1477).
16. Okdem, S., & Karaboga, D. (2009). Routing in wireless sensor networks using an Ant Colony Optimization (ACO) router chip. *Sensors*, 9, 909–921.
17. Qing, L., Zhi, T., Yuejun, Y., & Yue, L. (2009). Monitoring in industrial systems using wireless sensor network with dynamic power management. *IEEE Sensors Journal*, 9, 1596–1604.
18. Kennedy, J., & Eberhart, R. C. (1995). Particle swarm optimization. In *Proc. IEEE Int. Conf. on neural networks* (Vol. 4, pp. 1942–1948), Piscataway.
19. Liang, Y., & Yu, H. (2005). PSO-based energy efficient gathering in sensor networks. *Lecture Notes in Computer Science*, 3794, 362–369.
20. Latiff, N. M. A., & Sharif, B. S. (2007). Performance comparison of optimization algorithms for clustering in wireless sensor networks. In *IEEE Int. Conf. on mobile adhoc and sensor systems* (pp. 1–4), Pisa.
21. Karaboga, D. (2005). An idea based on honey bee swarm for numerical optimization. In *Technical Report-TR06*, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department.
22. Karaboga, D., Okdem, S., & Ozturk, C. (2010). Cluster based wireless sensor network routings using artificial bee colony algorithm. In *Int. Conf. on autonomous and intelligent systems, AIS'2010* (pp. 1–5), Portugal.
23. Karaboga, D., & Ozturk, C. (2011). A novel clustering approach: Artificial bee colony (ABC) algorithm. *Applied Soft Computing*, 11, 652–657.
24. Karaboga, D., Ozturk, C., & Gorkemli, B. (2011). Probabilistic dynamic deployment of wireless sensor networks by artificial bee colony algorithm. *Sensors*, 11(6), 6056–6065.
25. Karaboga, D., Gorkemli, B., Ozturk, C., & Karaboga, N., (2012). A comprehensive survey: artificial bee colony (ABC) algorithm and applications. *Artificial Intelligence Review*. doi:[10.1007/s10462-012-9328-0](https://doi.org/10.1007/s10462-012-9328-0).
26. Thomas, A. B., Christopher, M., Szymanski, B. K., & Branch, J. W. (2008). Self-selecting reliable paths for wireless sensor network routing. *Computer Communications*, 31, 3799–3809.
27. Bajaj, L., Takai, M., Ahuja, R., Tang, K., Bagrodia, R., & Gerla, M. (1999). GloMoSim: A scalable network simulation environment. In *Technical Report 990027*, Computer Science Department, University of California, Los Angeles.

28. Liu, Z., Kwiatkowska, M. Z, & Constantinou, C. (2005). A biologically inspired qos routing algorithm for mobile ad hoc networks. In Int. conf. on adv. inf. network applications (pp. 426–431).
29. GPI Research Group. CR1216 Battery catalog. GPI International Ltd., Available at http://www.gpbatteries.com/pic/CR1216_DS.pdf.