

بهبود مسیریابی و افزایش سرویس دهی چندمنظوره در شبکه های حسگر بی سیم ناهمگن

مریم مقیمی راد*، محمد رضا سلطان آقایی

۱- کارشناس ارشد نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه کامپیوتر،

اصفهان، ایران

Maryammoghimirad@gmail.com

۲- استادیار، عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

soltan@khuisf.ac.ir

چکیده

جایگاه مهم و نقش حیاتی مفهوم سرویس دهی چندمنظوره در ارتباط با شبکه های حسگر ناهمگن با توجه به ماهیت این شبکه های خاص در ازاء تمایزها و محدودیت ها و نحوه سرویس دهی متفاوت در این شبکه ها، بسیار چشم گیری باشد. تکنیک های چندمسیری و روش های تصمیم گیری وفقی در راستای حمایت از ضرورت های متفاوت سرویس های ارسالی راه حل بسیار شایسته ای در راستای بهبود و پوشش این مهم به شمار می روند. از طرفی افزایش قابلیت اطمینان و تحمل پذیری خطا در شبکه های حسگر بی سیم ناهمگن بنابر خصوصیات و مشخصات منحصر به فرد و خاص این فناوری، یکی از مفاهیم مهم و کلیدی در این دسته از شبکه ها محسوب میگردد. در این پژوهش روشی کارآمد در راستای بهبود مسیریابی و تحمل پذیری خطا و افزایش سرویس دهی چندمنظوره در شبکه های حسگر بی سیم ناهمگن ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: شبکه های حسگر بی سیم ناهمگن، تحمل پذیری خطا، سرویس دهی چندمنظوره، قابلیت اطمینان

۱- مقدمه

شبکه های حسگر ناهمگن از تعداد بسیاری گره حسگر ناهمگن (ناهمنوع) تشکیل شده که در محیطی مشخص استقرار یافته اند، و وظیفه آن ها گردآوری اطلاعات ناهمگن از شبکه بر اساس هدف مورد نظر، و گزارش این اطلاعات به یک یا چند ایستگاه پایانی با نام چاهک^۱ می باشد. ایستگاه های چاهک اطلاعات ناهمگن دریافتی را پردازش نموده و در نهایت این اطلاعات را به کاربر نهایی از طریق رسانه ارتباطی اینترنت یا شبکه محلی گزارش می نمایند. رشد و توسعه روزافزون این فناوری ناهمگن جدید و کاربردهای فراوان آن در عرصه های گوناگون، منجر اهمیت یافتن بیش از پیش این شبکه ها گردیده است [۲ و ۱]. یکی از مهم ترین مباحث مطرح در این شبکه ها سرویس دهی ناهمگن و حمایت از کیفیت این نحوه سرویس دهی می باشد. از جمله مهم ترین مباحث خاص و متمایز سرویس دهی در شبکه های حسگر ناهمگن که منجر به تمایز سرویس دهی با سایر شبکه های حسگر گردیده است، حضور سرویس های ناهمگن و چندگانه در بستر شبکه می باشد. حال آن که این سرویس ها نیازمندی هایی متفاوت از یکدیگر داشته و ضرورت دارد تا با هر یک متناسب با نیازهای آن برخورد نمود. تاکنون تحقیقات فراوانی در ارتباط با این مقوله اساسی ارائه گردیده، قالب این تحقیقات قابلیت سرویس دهی و حمایت از کیفیت سرویس دهی همگن را فراهم نموده و قابلیت توسعه و کاربرد در سرویس دهی ناهمگن را ندارند. در پژوهش نامه حاضر تلاش بر آن است تا با ارائه تکنیکی جدید مبتنی بر استفاده از تکنیک های چندمسیری، این فرایند اساسی شبکه را بهبود و سعی بر آن است تا محدودیت های پژوهش های پیشین را تا حد امکان پوشش داد.

^۱ Sink

۲- ضرورت ارائه راهکار پیشنهادی

جایگاه مهم و نقش حیاتی مفهوم مسیریابی و سرویس دهی در جنبه های گوناگونی از زیرمجموعه های تکنولوژی حسگر بی سیم قابل نقد و بررسی است. اما این مقوله و مبحث در شبکه های حسگر بی سیم ناهمگن بنا بر ماهیت منحصر به فرد و خصایص خاص، متمایز از سایر زیرمجموعه های شبکه های حسگر مطرح گردیده، و در عین حال ارزش ها و جایگاه مختص به خود را دارد. از طرفی دیگر با توجه به تعاملات داده هایی با ضرورت های متمایز کیفی، رسانه ارتباطی متفاوت، و تعاملات سرویس های چندمنظوره در قیاس با سایر شبکه های حسگر، این مقوله اساسی با پیچیدگی ها و مسائل متفاوت تری همراه است. با توجه به مطالعات صورت گرفته تکنیک های مرتبط با روش های تصمیم گیری وفقی، و مسیریابی چندمسیری، در این ارتباط بسیار اثربخش و مؤثر خواهند بود. این مکانیزم ها در شبکه های حسگر ناهمگن مختص به حمایت از سرویس دهی ناهمگن، و بهبود قابلیت اطمینان و کیفیت این مبحث مطرح می باشند. به گونه ای که قابلیت های حاصل از این تکنیک ها منجر به تأمین کیفیت چندمنظوره و متناسب با ضرورت ها و نیازها شده، و به افزایش کارایی شبکه و بهبود عملکرد آن منتهی می شود. اما این تکنیک های مؤثر به دلیل برخی خصایص بسیار مهم (مختص به شبکه های حسگر ناهمگن)، به شدت نیازمند تدابیری در راستای پشتیبانی مؤثر از قابلیت اطمینان این پروسه در راستای چیره شدن به محدودیت ها و چالش ها، و بهبود عملکرد این حوزه به خصوص در ارتباط با تضمین کیفیت سرویس دهی چندمنظوره در شبکه مورد نظر می باشند.

پژوهش های پیشین از چند مسئله اساسی با توجه به ضرورت های سرویس دهی چندسرویس دهی به شرح زیر رنج می برند:

- ۱) عدم حمایت مؤثر از قابلیت های سرویس دهی چندمنظوره و ضرورت های متمایز این نوع سرویس دهی (نبودی روشی با قابلیت وفق پذیری در ازاء نیازهای سرویس دهی چندمنظوره)
- ۲) نبود تدابیری در راستای تضمین اطمینان و تحمل پذیری خطای سرویس دهی
- ۳) افزایش سربارهای تحمیلی به شبکه
- ۴) بی توجهی به نیازهای متفاوت کیفی عدم حمایت مؤثر از کیفیتی چندمنظوره

۳- معیارهای اساسی و نیازمندی های راهکار پیشنهادی

روش پیشنهادی در راستای بهبود سرویس دهی چندمنظوره و افزایش کارایی تبادلات داده های ناهمگن به جهت کاربرد در تکنولوژی حسگرهای ناهمگن توسعه یافته، و به گونه ای طراحی شده که سازگار با خصوصیات خاص این تکنولوژی و ماهیت متمایز سرویس های ارسالی در این دسته از شبکه ها می باشد. در روش مورد نظر مفروضاتی به قرار زیر در شبکه مورد نظر منظور شده اند:

- ۱) موجودیت های شبکه از منظر انرژی و نوع ناهمگن بوده، و شامل دو نوع حسگرهای چندرسانه ای و اسکالر هستند.
- ۲) در بستر شبکه می تواند یک یا چند ایستگاه چاهک حضور داشته باشد (اشاره به قابلیت کاربرد روش پیشنهادی در شبکه های چندچاهکی علاوه بر تک چاهکی).
- ۳) توپولوژی شبکه متغیر و پویا است.
- ۴) در شبکه سرویس های چندمنظوره شامل دو نوع داده متمایز چندرسانه ای و اسکالر مبادله می شود.
- ۵) شبکه توزیع و فاقد هرگونه کنترلر مرکزی و زیرساخت می باشد.
- ۶) موجودیت های ناهمگن در محدوده شبکه حرکت اندکی داشته و هر حسگر دارای شناسه ای مجزا و یکتا می باشند.
- ۷) حسگرها مجهز به تجهیزات افزونه شامل مکان یاب نبوده و قادر به تشخیص موقعیت خود در شبکه نمی باشند.

۴- معرفی روش پیشنهادی QFTMSR^۱

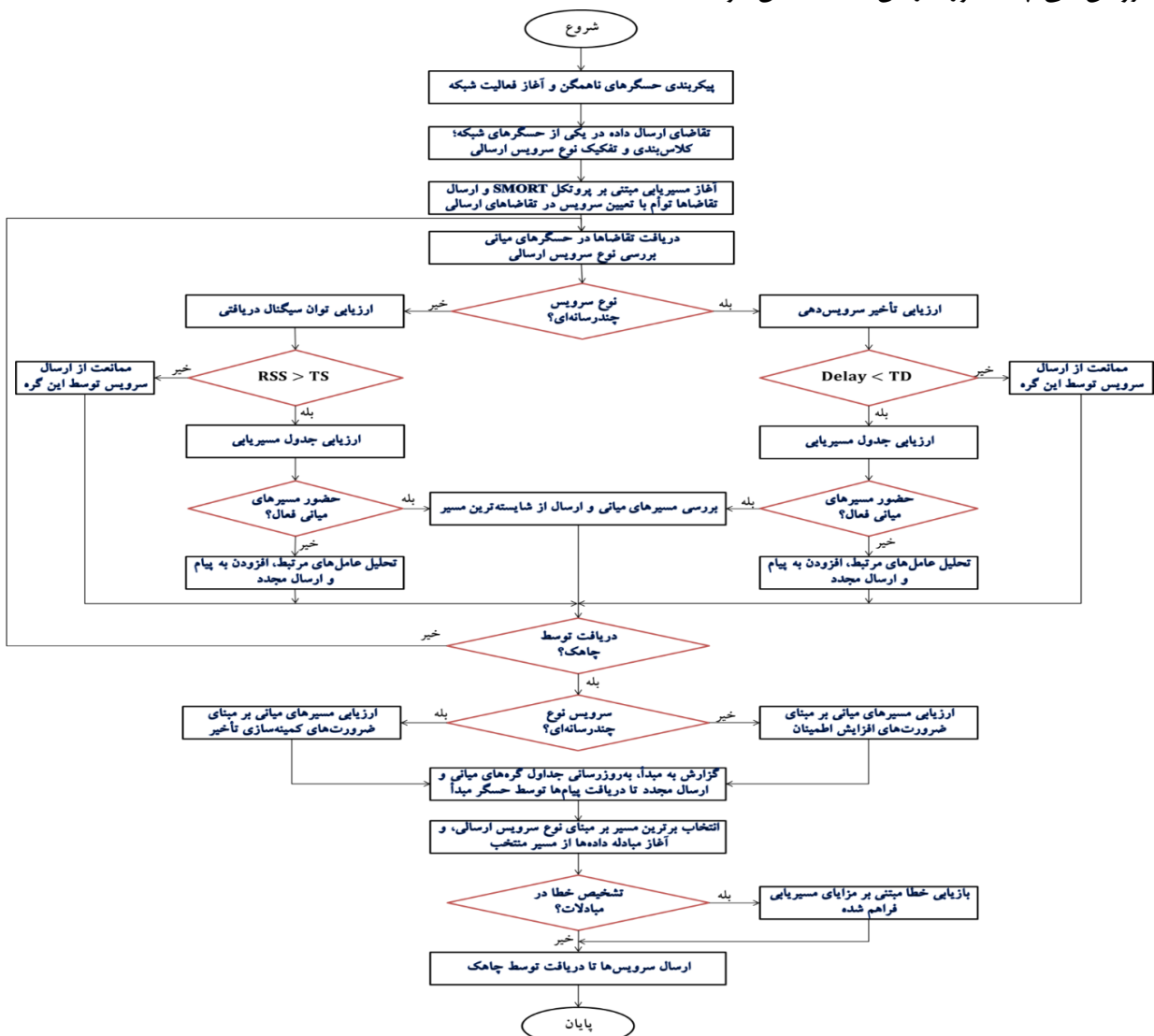
QFTMSR به منظور فراهم سازی سرویس دهی چندمنظوره پیشنهادی خود در راستای کاربرد در شبکه های حسگر ناهمگن و بر آورده کردن اهداف متصور از ارائه پژوهش به سه مرحله کلی به قرار زیر تقسیم می شود.

(۱) تفکیک و تمایز نوع سرویس های ناهمگن

(۲) گسترش مسیریابی پیشنهادی بر پایه قابلیت های عامل مسیریابی SMORT

(۳) تضمین کیفیت و تحمل پذیری خطا با هدف حفظ پیوستگی سرویس دهی

هر کدام از مراحل معرفی شده دارای ارزش و جایگاه بسیار پراهمیتی در ارتباط با قابلیت ها و توانایی های روش پیشنهادی QFTMSR می باشند. به جهت تشریح جزئیات روش معرفی شده در آغاز فلوجارت QFTMSR در قالب شکل (۱) ارائه و نمایش داده شده و در ادامه مباحث کاربردی بر مبنای ماهیت و ویژگی های شبکه های حسگر ناهمگن و شرایط حاکم بر سرویس دهی چندمنظوره در این شبکه ها بیان خواهند شد.



شکل (۱) نمودار فعالیت روش پیشنهادی به همراه واحدهای عملیاتی وابسته

¹ Quality and Fault Tolerance MultiService Routing Method for Heterogeneous Wireless Sensor Networks

۱-۴- تفکیک و تمایز نوع سرویس های ناهمگن

این گام به عنوان نخستین گام از QFTMSR معرفی شده و هدف از ارائه آن فراهم سازی قابلیت تفکیک و تمایز سرویس های ناهمگن می باشد. هرگاه حسگری از شبکه تقاضا ارسال سرویسی را داشته باشد، در ابتدا بر مبنای این گام از روش پیشنهادی نوع سرویس ناهمگنی که قصد ارسال آن را دارد، را مشخص می سازد. هدف از این مهم در وهله نخست تمایز سرویس های ناهمگن، و در وهله بعد فراهم کردن قابلیت پشتیبانی از کیفیت متناسب با ضرورت ها و نیازهای سرویس های ناهمگن ارسالی در قبال گام بعدی QFTMSR پیشنهادی می باشد. بدین جهت در روش پیشنهادی از یک بیت فلگ و تعبیه آن در پیام های مسیریابی ارسالی بهره برده شده است.

جدول (۱) بیت فلگ و جزئیات مربوطه در راستای فراهم سازی قابلیت تفکیک سرویس های ناهمگن QFTMSR

فلگ	حسگر متقاضی	نوع سرویس
0	اسکالر	گزارش کمیت و کیفیت محیط تحت پوشش شبکه (ضرورت اطمینان در سرویس دهی)
1	چندرسانه ای	داده های چندرسانه شامل صوت و تصویر (ضرورت کمینه سازی تأخیر سرویس دهی)

۲-۴- گسترش مسیریابی پیشنهادی بر پایه قابلیت های عامل مسیریابی SMORT

این گام به عنوان دومین گام از QFTMSR معرفی شده و هدف از ارائه آن فراهم سازی قابلیت مسیریابی متناسب با نیازها و ضرورت های سرویس دهی ناهمگن می باشد. برای این منظور روش پیشنهادی بر مبنای پروتکل SMORT طراحی و توسعه یافته است. هدف از این طراحی در وهله نخست تأمین سرویس دهی ناهمگن (در راستای پوشش محدودیت های تحقیقات گذشته در ارتباط با معضل سرویس دهی چندمنظوره)، و در وهله بعد فراهم کردن قابلیت پشتیبانی از تحمل پذیری خطا و پیوستگی سرویس دهی ناهمگن مبتنی بر مزایای این عامل مسیریابی و در راستای پوشش دیگر محدودیت تحقیقات گذشته می باشد. بر همین اساس روال درخواست مسیر در QFTMSR نیز مشابه با SMORT بوده با در نظر گرفتن برخی تمایزها در راستای پیش برد و تحقق اهداف مورد نظری باشد. این تمایزها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲) تمایز روال درخواست مسیر در روش پیشنهادی QFTMSR به نسبت SMORT

تمایز	شرح جزئیات
تمایز نخست	تمایز نخست آن که به پیام های درخواست فرستاده شده، بیتی تحت عنوان فلگ افزوده شده که به نوع حسگر درخواست گر اشاره دارد. در همین ارتباط چنانچه حسگر درخواست کننده از نوع اسکالر باشد این بیت معادل صفر و چنانچه از نوع چندرسانه ای باشد این بیت معادل یک می باشد که توسط حسگر متقاضی به پیام افزوده می شود
تمایز دوم	تمایز دوم آن که در طی فرایند درخواست، حسگرهای میانی دریافت کننده پیام فرستاده شده وابسته به نوع سرویس ناهمگن ارسالی، کارایی خود را به جهت مبادله سرویس مورد نظر ارزش سنجی نموده و چنانچه شرایط لازم به جهت مبادله سرویس تعاملی شده را نداشته باشند، از ادامه پروسه درخواست جلوگیری نموده تا در ازاء این امر مسیرهای میانی توسط سایر حسگرهای شبکه که دارای شرایط لازمه به جهت مبادله سرویس مورد نظر هستند کشف شوند.
تمایز سوم	علاوه بر اجرای روال درخواست در حسگرهای میانی شبکه، حسگر دریافت کننده در ازاء سرویس ناهمگن تقاضای ارسال سطح کیفیت و قابلیت خود را ارزیابی و به پیام مورد نظر می افزاید تا بر این اساس توانایی تصمیم گیری وفقی در قبال ضرورت ها حاصل شود

چنانچه حسگر درخواست گر و نوع سرویس تبدلی از نوع چندرسانه ای باشند، این بررسی در قبال تأخیر در سرویس دهی و چنانچه از نوع اسکالر باشند بررسیها بر پایه کیفیت سطح سیگنال دریافتی انجام می شود. دلیل این بررسی متمایز آن است

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

که در درجه اول ضرورتها در قبال نوع سرویسها متمایز است، و در وهله بعد کیفیت سرویسهای عنوان شده وابستگی کاملی به دو میحث یاد شده دارند، به طوری که این عوامل بالاترین اهمیت را در ازاء کارایی و کیفیت سرویسهای مورد نظر ایفا می نمایند. پیرو این بررسی و ارزش سنجی، اگر نتیجه ارزیابی مبنی بر عدم کارایی گره میانی در ازاء مبادله سرویس مورد نظر باشد، حسگر مورد نظر از ادامه پیگیری روال درخواست صرف نظر می کند. در غیر این صورت با توجه به فلوچارت ترسیم شده، عاملهای کیفی را وابسته به ضرورتها و نیازها ارزیابی، به پیغام مورد نظر افزوده و مبتنی بر SMORT مجدداً بسته را در شبکه منتشر می کند. در همین ارتباط و در راستای بررسی سطح توانایی و قابلیت های حسگرهای میانی، در قبال نوع سرویس ناهمگن، QFTMSR عملکرد وفق پذیری را اتخاذ می نماید. بر اساس این وفق پذیری عاملهای کاربردی در راستای تحلیل شرایط و وضعیت حسگرها در ازاء سرویسهای چندرسانه ای متمایز از سرویسهای اسکالر می باشد. بنابر این طراحی وفقی سعی بر آن بوده تا علاوه بر سرویس دهی هدفمند در راستای ماهیت ناهمگن سرویسها، بهینگی را حفظ، و کیفیت را در ازاء ضرورتها به شکلی مطلوب تأمین و حمایت نموده، و در نهایت معضل تحقیقات گذشته را در این ارتباط بهبود بخشید. برای این منظور و بنابر آنچه عنوان گردید، QFTMSR عملکرد وفقی و متغیری را اتخاذ می نماید. شایان توجه است که عاملهای کاربردی در QFTMSR (در راستای حمایت از کیفیت و کارایی سرویس دهی ناهمگن)، به گونه ای طراحی و استفاده شده که متناسب با نیازهای سرویسهای ارسالی و به خوبی مقدمات حائز اهمیت به جهت یک سرویس دهی هدفمند را فراهم می سازند.

❖ عاملهای کاربردی به جهت فراهم سازی عملکرد وفقی QFTMSR در ازاء سرویسهای چندرسانه ای

- تاخیر سرویس دهی (بر مبنای بار حسگر و تاخیر پردازش حسگرها)
- تاخیر ارسال (بر مبنای شرایط ارتباطات، تاخیر در دسترسی به رسانه و تعدد همسایگی حسگرها)
- ظرفیت و شرایط رسانه (بر مبنای ظرفیت ناهمگن رسانه، ظرفیت در دسترس و آزاد رسانه)

❖ عاملهای کاربردی به جهت فراهم سازی عملکرد وفقی QFTMSR در ازاء سرویسهای اسکالر

- کارایی (بر مبنای انرژی حسگر ناهمگن)
- موفقیت در سرویس دهی (بر مبنای نحوه عملکرد حسگرها)
- اطمینان از پیوند (بر مبنای فواصل میان حسگرها)
- وابسته به آنچه طی شکل (۱) و الگوریتم (۱) تشریح گردید، فرایند درخواست مسیر QFTMSR ادامه یافته تا پیغامهای درخواست ارسالی توسط چاهک دریافت شوند. با دریافت پیغامهای درخواست در چاهک، QFTMSR وارد مرحله پاسخ مسیر به شرح زیر می شود.

الگوریتم (1) پروسه درخواست مسیر روش پیشنهادی QFTMSR
<p>QFTMSR Route Request Process;</p> <p>Sender node Denote Flag and Broadcast RREQ;</p> <p>While (RREQ not Recived in Sink) OR (RREQ_{TTL} ≠ 0) // TTL: Time To Live //</p> <p>{</p> <p>After Recived RREQ in Intermediate Sensor Node;</p> <p>RREQ id Check;</p> <p>If (RREQ Recived is Repetitious) Then</p> <p>Discard RREQ and not Retransmit;</p> <p>Else</p> <p>If (Flag==1) Then</p> <p>Delay Evaluation;</p> <p>IF (D_i > TD) Then // D_i = ∑ B(PK)_i * PD_i, TD = (∑ B(APK)_i * PD_i) * 0.8</p> <p>Discard RREQ and End Process;</p> <p>Else (Routes Exist to Sink) Then</p> <p>Selected Best Route base on Service and Unicast RREQ;</p> <p>Else {</p> <p>Evaluation Routing Metrics;</p>

```

SD = \sum SD, \left[ D_i + \left( B(PK)_i * \left( \frac{PK_L}{CC_i} \right) \right) \right];
SB = \sum SB, \left[ 1 - \left( \left[ \frac{\sum_{k=1}^{Na} SA(i)X}{Na} \right] * \frac{1}{AN_i} \right) \right];
SC = \sum SC, \left( \frac{1 - \left( \frac{\sum NF_i}{ASN} \right)}{1 + \left( \left[ \frac{\sum_{t=1}^{Pt} Pt(t,t+1)}{Pt} \right] * C \right)} \right);

Replace Metrics in RREQ;
Decreasing RREQ_TTL;
Insert Sensor_id to RREQ;
RREQ_Hop count Increasing;
Retransmit RREQ;
}
Elseif (Flag==0) Then
Signaling Power Evaluation;
IF (VS_i < TS) Then // VS_i = RSS_{i-1,i}, TS = RSS_{base} * 0.2;
Discard RREQ and End Process;
Else (Routes Exist to Sink) Then
Selected Best Route base on Service and Unicast RREQ;
Else {
Evaluation Routing Metrics;
SE = \prod SE, \left[ \left( 1 - \frac{EC_i}{E_i} \right) * \frac{\sum_{c=1}^C P_{c,c} * T_{c,c}}{\sum_{c=1}^C T_{c,c}} \right];

SR = \prod SR, \left[ \begin{matrix} 1 & D_{i-1,i} < R_1 \\ x & R_1 < D_{i-1,i} < R_2 \\ 0 & D_{i-1,i} > R_2 \end{matrix} \right];

x = \left[ \frac{R_2 - D_{i-1,i}}{R_2 - R_1} + Ve \right], \quad D_{i-1,i} = \frac{10^{|RSS_{i-1,i} - RSS_{base}|}}{10}

SQ = \prod SQ, \left[ \frac{VS_i}{\frac{RSS_{base}}{\log(\sum_{t=1}^T EO(t-1,t))}} \right];

Replace Metrics in RREQ;
Decreasing RREQ_TTL;
Insert Sensor_id to RREQ;
RREQ_Hop Count Increasing;
Retransmit RREQ;
}
}

```

۳-۳- پروسه مسیریابی (روال پاسخ مسیر)

روال پاسخ مسیره در روش پیشنهادی QFTMSR نیز همانند عامل مسیریابی SMART گسترش یافته است. که در SMART سه فیلد افزونه به پیغام‌های پاسخ به جهت توسعه مسیریابی امن خطا، افزوده شده است. شامل reply-gen (به منظور پیش‌گیری از حلقه)، mul-reply (یک متغیر از نوع بولین^۱ است به طوری که این متغیر برای نخستین پیام پاسخ ارسالی یا پیام پاسخ اصلی برابر با TURE و برای سایر پاسخ‌ها معادل FALSE؛ هدف تشخیص مسیر اصلی از مسیره‌های پشتیبان)، و node-list (به منظور ذخیره حسگرهایی که پیام پاسخ مسیر از آن‌ها تا لحظه فعلی عبور نموده) می‌باشند.

❖ فیلد mul-reply یک متغیر بولین بوده که به منظور تشخیص پاسخ مسیر اصلی از سایر پاسخ مسیره‌ها استفاده می‌شود.

- در عامل مسیریابی SMART بر مبنای تأخیر (تعداد گام مشخص و تعیین می‌شود).
- QFTMSR پاسخ مسیر اصلی در ازاء با کیفیت‌ترین مسیر میانی به نسبت نیازهای کیفی سرویس ناهمگن تعیین می‌شود.

^۱ Boolean

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

❖ حسگرهای میانی با دریافت پیام‌های پاسخ ارسالی، تنها برای پاسخ مسیر اصلی جداول خود را در قبال مسیر انتها به انتها، و گره مبدأ و مقصد به‌روزرسانی کرده، و برای سایر پاسخ‌های ارسالی تنها گره خطای امن را در جدول خود ذخیره می‌نمایند. الگوریتم (۲) جزئیات نحوه تصمیم‌گیری وفقی را با توجه به نوع سرویس و نیازها و ضرورت‌های متفاوت متناسب با آن سرویس را در QFTMSR ارائه و نمایش می‌دهد.

الگوریتم (۲) پروسه پاسخ مسیر روشن پیشنهادی QFTMSR
QFTMSR Route Relay Process; After Received RREQ Messages in Sink; Denote Service by Flag Bit; If (Flag == 1) Then { $VPM_p = \alpha \times \frac{SD_p}{\text{Max SD Paths}} + \beta \times \frac{SB_p}{\text{Hop Count}} + \gamma \times \frac{SC_p}{\text{Hop Count}};$ Set mul-reply=TRUE for Path with best VPM; Set mul-reply=FALSE for Another Paths; Send Relay of Revers Path; } ElseIf (Flag == 0) { $VPS_p = \alpha \times SE + \beta \times SR + \gamma \times SQ;$ Set mul-reply=TRUE for Path with best VPS; Set mul-reply=FALSE for Another Paths; Send Relay of Revers Path }

وابسته به آن‌چه ارائه و بیان گردید، ارزش مسیرها در قبال سرویس‌های ناهمگن مشخص و پروسه پاسخ مسیر بر این مبنا انجام می‌شود. در ادامه ارسال پاسخ‌ها و دریافت در حسگر مبدأ ارسال سرویس‌ها را از مسیر اصلی آغاز نموده و QFTMSR وارد مرحله دوم خود در راستای تضمین پیوستگی سرویس‌دهی بر پایه آن‌چه در ادامه ذکر گردیده می‌شود.

۴- تضمین کیفیت و تحمل‌پذیری خطا با هدف حفظ پیوستگی سرویس‌دهی

این مرحله از روش QFTMSR در راستای پیوستگی سرویس‌دهی و تضمین اطمینان از مبادلات سرویس‌ها مطرح و مورد توجه است. بدین جهت در هنگام رویداد شکست و ناپایداری، گره گام قبل حاضر در مسیر به سمت چاهک بر مبنای گره پشتیبان خطای امن، تلاش در پوشش و رفع خطا خواهد داشت. در این حالت چنان‌چه گره خطای امن برای شکست رخ داده در جدول مسیریابی گره گام قبل شکست، وجود داشته باشد؛ مبتنی بر جایگزینی گره مورد نظر خطا و شکست پوشش و ترمیم خواهد شد. در غیر این صورت و چنان‌چه پیوند مورد نظر دارای پیوند خطای امن نباشد، گره مورد نظر با ارسال پیام شکست خداد خطا را به گره گام قبل خود اطلاع داده و ترمیم خطای امن در این گره فراخوانی می‌شود، و این فرایند ادامه یافته تا شکست رویداده بازیابی و ترمیم شود.

۵- نتایج شبیه‌سازی

روش پیشنهادی QFTMSR در راستای حمایت از سرویس‌دهی چندمنظوره در شبکه‌های ناهمگن گسترش یافته و هدف از ارائه آن تأمین اطمینان و تحمل‌پذیری خطا منطبق با نیازها و خصوصیات حاکم سرویس‌های ارسالی می‌باشد. نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده با شبیه ساز حاکمی از کارایی بالا و بهبود معیارهای مختلف مرتبط با سرویس‌دهی چندمنظوره در

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

شبکه‌های ناهمگن می‌باشد. نتایج حاصل از آزمایشات صورت گرفته در شبیه ساز OPNET¹ به این نکته اشاره دارد که کارایی روش پیشنهادی در قبال شرایط مختلف و با حضور تعداد مختلفی از حسگرها حفظ و پایدار است. اما ذکر این مهم قابل توجه است که QFTMSR، به نسبت طراحی خود با افزایش سربارهای تحمیلی به شبکه همراه بوده که وجود این مسئله می‌تواند به عنوان پیشنهاد آتی معرفی شود. اما این افزایش در قیاس با بهبود حاصل از سایر معیارها قابل چشم‌پوشی است. در ادامه و در جدول (۴-۶) مقایسه کلی از عملکرد روش پیشنهادی QFTMSR در مقایسه با روش EAQA [۳] که یکی از معتبرترین و اخیرترین روش‌های ناهمگن به جهت مسیریابی و پشتیبانی از سرویس‌دهی در شبکه‌های حسگر نامتجانس بوده و به جهت کاربرد در این شبکه‌ها بسیار کارا و کاربردی می‌باشد در یک چارچوب کلی ارائه و نمایش داده شده است.

جدول (۴-۶) تحلیل عملکرد کلی از روش پیشنهادی در مقایسه با روش پایه

معیار	روش QFTMSR در مقایسه با روش EAQA
تأخیر داده‌های اسکالر	۷,۷ درصد با بهبود (افزایش کیفیت تبادلات داده‌های چندرسانه‌ای)
تأخیر داده‌های چندرسانه‌ای	۶,۲ درصد با بهبود (افزایش کیفیت تبادلات داده‌های اسکالر)
دریافت‌های موفق	۵ درصد با بهبود (بهبود تبادلات موفق)
اطمینان از تبادلات	۱۷,۹ درصد با بهبود (بهبود تحمل پذیری خطا)
از دست رفتن سرویس‌ها	۱۶,۷ درصد با بهبود (افزایش اطمینان و تحمل پذیری خطا)
سربارها	۱۰ درصد با بهبود (افزایش سربارها و تضعیف اعتماد)
گذردهی	۶,۷۵ درصد با بهبود (ارتقاء گذردهی شبکه)

۶- جمع بندی

روش پیشنهادی QFTMSR به منظور افزایش قابلیت و کارایی خود، بر محوریت نوع سرویس ارسالی، وضعیت شبکه و نتیجه‌ای از تحلیل شاخص‌های کیفی، مسیریابی‌های متمایزی ارائه می‌نمایند. به گونه‌ای که این نحوه مسیریابی بر محوریت قابلیت‌های منظور شده در QFTMSR در راستای وفق‌پذیری در ازاء حمایت از کیفیت سرویس‌های ناهمگن به جهت استفاده در شبکه مورد نظر کارا شده است. همچنین روش پیشنهادی با تکیه بر عملکرد خود در قبال رخداد خطا و شکست، مبتنی بر تکنیک‌های تشخیص و بازیابی به گونه‌ای پیوستگی سرویس‌دهی را پشتیبانی نموده که بیشترین کارایی از این طراحی و عملکرد حاصل شده، و پایداری کیفیت سرویس‌دهی تضمین گردد. قابلیت‌ها و مزایای فراهم شده در طراحی روش پیشنهادی QFTMSR به همراه سایر ایده‌ها و تدابیر کاربردی در نهایت بهبود و پایداری کیفیت سرویس‌دهی ناهمگن را در شرایط مختلف شبکه فراهم، و تا حد امکان بهبود مبحث تحقیقاتی را حاصل نموده است.

۷- مراجع

- [1]. B. Rashid, and M. H. Rehmani., 2016, "Applications of wireless sensor networks for urban areas: a survey" Journal of Network and Computer Applications, Vol. 60, pp. 192-219.
- [2]. B. Prabhu, M. Pradeep, and E. Gajendran., 2017, "Military Applications of Wireless Sensor Network System," A Multidisciplinary Journal of Scientific Research & Education, Vol. 2, pp. 164-
- [3]. S. K. Malik, et al., 2017, "An ant-based QoS-aware routing protocol for heterogeneous wireless sensor networks," Soft Computing Springer Journal, Vol. 34, pp. 1-12
- [4]. L. R. Reddy, & S. V. Raghavan, 2007, "SMORT: Scalable multipath on-demand routing for mobile ad hoc networks." Ad Hoc Networks, Vol. 5, no. 2, pp. 162-188.

¹ Optimum Network Evaluation Tools