بنام حضرت دوست

نام دانشجو : نوید شکوهی نیمسال : اول ۱۳۹۹-۱۴۰۰

نام استاد : سرکار خانم دکتر جاسبی

عنوان مقاله :

Fault management frameworks in wireless sensor networks

چهارچوب های مدیریت خطا در شبکه های حسگر بیسیم

تعریف مسئله و هدف اصلی مقاله:

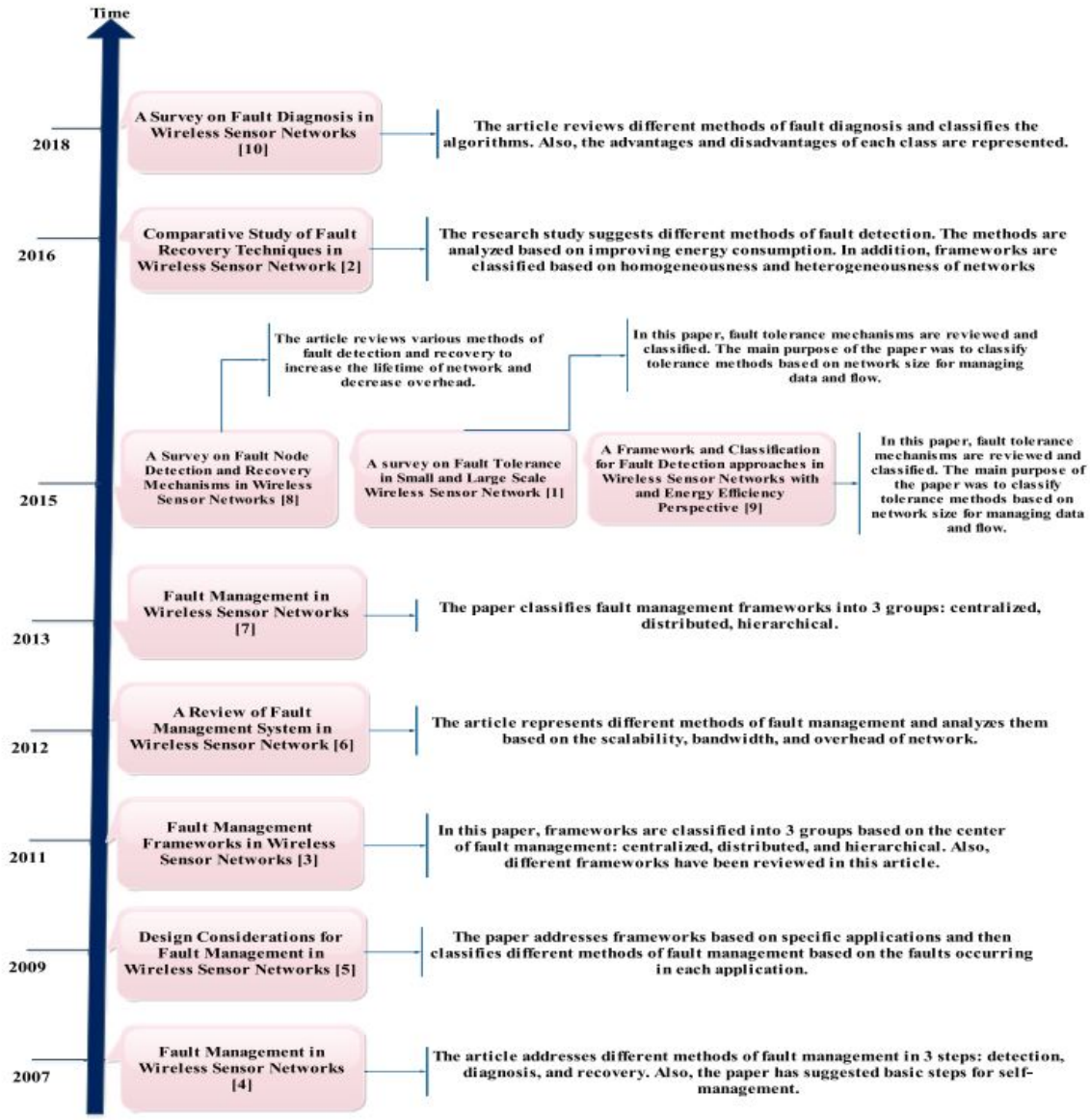
شبکه های حسگر بیسیم[1] (WSN) عبارتند از شبکه هایی خود سازمانده متشکل از چندین سیستم حسگر با توانایی هایی محدود در حوزه های پردازش ، ارتباطات ، ذخیره سازی و ظرفیت باتری. طیف کاربری این نوع شبکه ها عمدتا در حوزه دارو ، نظارت های محیطی و جنگل هاست. کاربرد اصلی مدیریت خطا در WSN به شامل سه دسته بندی است: سیستم های با دسترسی دائم، سیستم های بلادرنگ و سیستم های دقیق. با این اوصاف مشخص است که مدیریت خطا و همچنین توانایی تحمل خطا جزئی جدایی ناپذیر در WSN هاست. انتظار می رود اجزا شبکه های حسگر بی سیم بتوانند در محیط های گوناگون بدون دسترسی به امکانات تعمیر و نگهداری و یا تعویض باتری در طولانی مدت قادر به کار باشند. یک مجموعه توابع و کاربری بطور مشخص برای تحمل خطا در این شبکه ها تنظیم و طراحی شده است که با نام چهارچوب های مدیریت خطا شناخته می شود و بخش ضروری شبکه های حسگر بی سیم هستند. مدیریت خطا به بخش های اصلی کشف ، شناخت مشکل و بازیابی سیستم از خطا تقسیم می شود. در صورتی که مدیریت خطا به درستی تنظیم و پیاده سازی شود ، سیستم به حالت نامی خود نزدیک شده و از تعداد خطا ها کاسته می شود که خود منجر به تحمل پذیری بیشتر سیستم می گردد. علاوه بر اینها نیاز است در این راهکار ها مصرف انرژی به حداقل رسیده تا طول عمر شبکه افزایش یابد.

[1] Wireless Sensor Networks

در سال های اخیر چندین چهارچوب متفاوت بمنظور کشف و بازیابی خطا ها پیشنهاد شده است که در جستجو های ما ۲۲۵۸ مقاله یافت شد. پس از بررسی های متعدد و فیلتر کردن این تعداد مقاله نهایتا به ۵۴ مقاله انتخاب شد تا به ارزیابی چهارچوب های پیشنهادی آنها بپردازیم.

Keywords	Sources
Fault management	
Fault detection Fault diagnosis Fault recovery Fault tolerance Network management Management framework Management architecture	Journal, Conference, Workshop, Magazine, White paper And Transactions

تصویر ۱ – کلمات کلیدی مورد استفاده در جستجوی مقالات



تصویر ۲ – ۱۰ مقاله مروری در حوزه مدیریت خطا

چهارچوب های مدیریت خطا در حالت کلی به چهار دسته تقسیم می شوند:

- متمرکز

در چهارچوب متمرکز یک نود مسئول مدیریت کل شبکه است و به منابع نامحدود دسترسی داشته و قادر به مدیریت خطاست. بر اساس سازوکار مورد استفاده این چهارچوب خود به ۳ دسته تقسیم می شود:

- بر مبنای پایگاه داده

- بر مبنای یادگیری ماشینی
- بر مبنای زمان

- توزیع شده

بمنظور اصلاح مشکلات ساختار متمرکز ، نسخه توزیع شده معرفی گردید. این دسته بندی بر اساس تعداد گره های دخیل در مدیریت خطا به دو زیر دسته تقسیم می شود:

- مامور محور
- همسایه محور

- سلسله مراتبی

این دسته بندی ترکیبی از روش های متمرکز و توزیع شده است که خود به چهار زیر دسته تقسیم بندی شده اند:

- پایگاه داده محور
- زمان محور
- همسایه محور
- خود مدیر محور

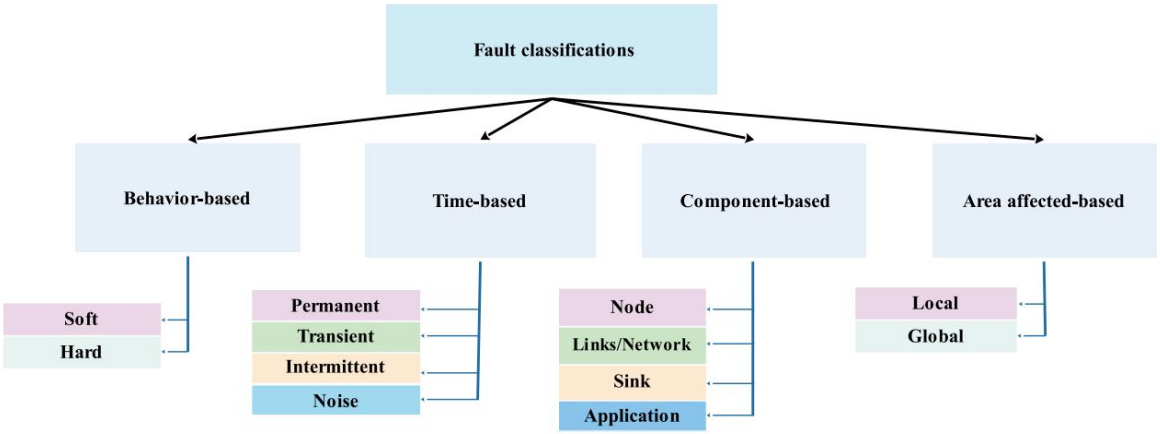
- تلفیقی

این دسته بندی ترکیبی از روش های توزیع شده و سلسله مراتبی است.

دلایل اصلی خطا در WSN به چهار دسته تقسیم بندی می شود:

- تعریف نادرست مشخصه های شبکه
- پیاده سازی نادرست شبکه
- خطا در اجزا سامانه
- مؤلفه های محیطی

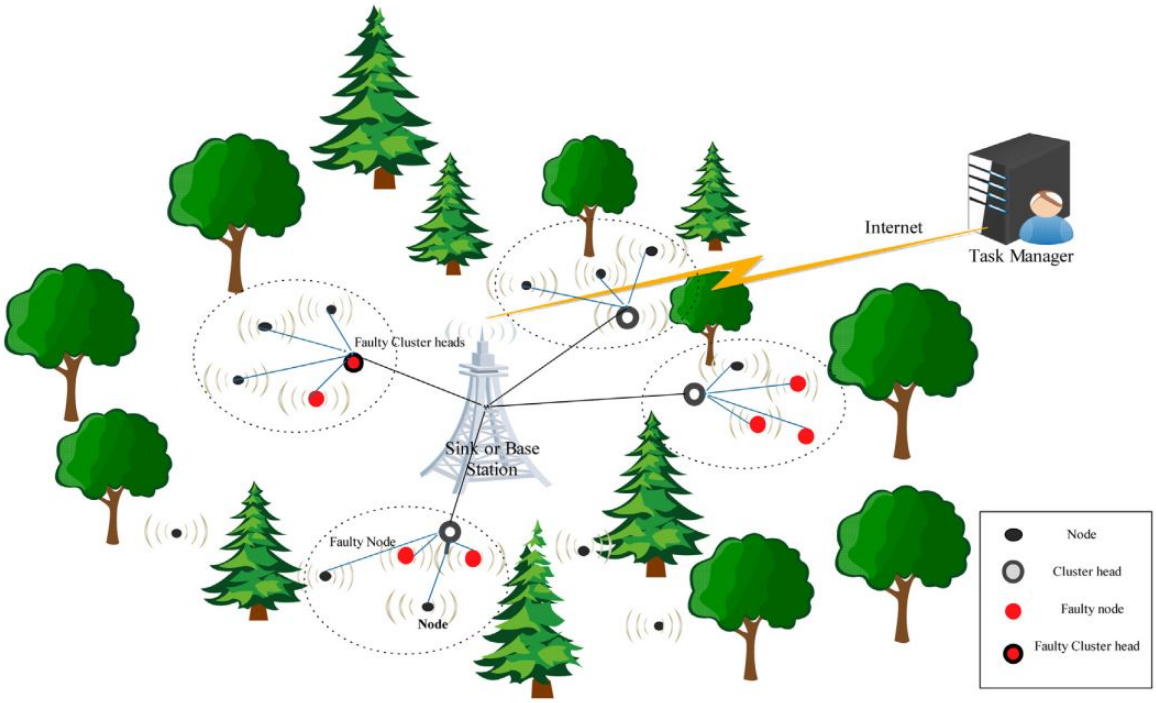
دسته بندی خطا ها در WSN در تصویر شماره ۳ قابل مشاهده است.



تصویر ۳ – دسته بندی خطا

بر دسته بندی خطا های مبتنی بر زمان[۲] ، بعنوان مثال مشکل در باتری یک خطای دائمی[۳] است. همچنین اگر مشکلی در کارکرد نرم افزاری یک حسگر رخ دهد که منجر به قطع ارتباط آن نشود ، می تواند باعث ارسال اطلاعات نادرست شود که نوعی از خطای های نرم رفتاری[۴] است.در صورتی که خطا از نوع گذرا[۵] باشد ، یافتن مشکل و حل آن مشکل است. در حالی که یافتن خطا های متناوب[۶] نبستا ساده تر است. خطا های گذرا و متناوب معمولا یک حسگر را درگیر می کنند در حالی که خطا های حوزه نویز معمولا بخش بزرگی شبکه را با مشکل مواجه خواهند کرد. در صورتی که خطا در یک گره رخ دهد نوع آن محلی است و اگر خطا در پایگاه ها رخ دهد ، از نوع عمومی تلقی شده و کل شبکه را با مشکل مواجه می کند. این مورد در تصویر شماره ۴ قابل مشاهده است.

[2] Time-Based
[3] Permanent
[4] Soft Behavior-Based
[5] Transient
[6] Intermittent



تصویر ۴ – گسترش انواع خطا در WSN

یکی از مشکل عدیده در شبکه ، مشکلات مسیریابی است که می تواند در شکل های عدم دسترسی به گره ، مسیر های مشکل دار که خود می تواند دائمی یا موقتی باشد ، تداخل رادیوئی و مواردی از این دست نمود پیدا کند.

بخش های بنیادین چهارچوب های مدیریت خطا در WSN

- کشف خطا

کشف خطا عبارت است از یافتن خطا های غیرقابل پیش بینی و عوامل مخرب که بر کارکرد صحیح شبکه یا گره اثر می گذارند. سه دسته بندی کلی برای یافتن خطا وجود دارد که عبارتند از متمرکز ، توزیع شده و خودمدیریتی. در روش متمرکز یکی از گره های حسگر که می تواند مدیر شبکه ، کنترل کننده مرکزی و یا سینک باشد راسا اقدام به کشف خطا می کند. در این روش نود مورد نظر اقدام به دریافت ممتد پیغام های اعلام وضعیت از دیگر نود ها می کند. روش دیگر که خودمدیریتی نام دارد بدین شکل است که هر گره به نوبه خود مسئول بررسی باتری و عمر باقیمانده است است. در نوع توزیع شده هدف بر مشارکت تمامی گره ها در یافتن خطاست. در این روش خطا ها به کمک همکاری بین نود های مجاور و تکنیک های خوشه بندی برای دسته بندی این گره ها کشف می شود. گره های

مسئول در هر خوشه از منابع بیشتری در قیاس با دیگر گره ها دارا هستند. در این تکنیک اگر هر گره پیغام های وضعیتی را به مسئول خوشه خود ارسال نکند، معیوب تلقی می شود.

تحلیل روش های کشف خطا

با توجه به اینکه در روش متمرکز ، فقط کنترل کننده مرکزی قادر به تحلیل داده ها بمنظور کشف خطاست ، این روش بدلیل حجم بالای پردازش قابل پیاده سازی در شبکه های بزرگ مقیاس نمی باشد. حجم بالای داده ها منجر به بروز تاخیر می شود که خود بمعنی عدم کارایی این روش در WSN های بلادرنگ است.

در قیاس با روش متمرکز ، روش خودمدیریتی قابلیت های مقیاس پذیری بهتری دارد و تاخیر نیز کمتر است. لیکن کارایی این روش در خطاهای دائمی است و لذا قابل اتکا برای کشف خطا در تمامی شبکه ها نیست.

از سوی دیگر روش توزیع شده این روز ها بیشتر مورد توجه است. به راحتی و با افزایش تعداد گره های دخیل در روند کشف خطا می توان دقت را بالاتر برد. با توجه به اینکه روش همسایه محور نیازمند ارسال حجم بالایی از پیغام های کنترلی به گره های مرکزی است ، روش خوشه بندی کارایی بهتری در کاهش مصرف انرژی و تاخیر در فرآیند کشف دارد.

- بررسی خطا

پس از کشف خطا نیازمند بررسی نوع خطا و گره های معیوب هستیم. یکی از روش های موقعیت یابی گره های معیوب استفاده از سیستم موقعیت یاب جغرافیایی است که بدلیل هزینه و مصرف بالای انرژی بهره وری کافی را دارا نیست. روش دیگر قرار دادن گره های مرجع در نقاطی مشخص است تا در صورت بروز خطا در یک گره به کمک گره مرجع بتوان آن را یافت. بمنظور نظارت بر شبکه های WSN بقصد یافتن محل مشکل ، ۴ روش نظارتی متصور است:

- غیرفعال

در این روش وقتی یک خطا بررسی شد ، اخطار فعال می شود.

- فعال

در روش فعال گره های حسگر مرتبا در حال ارسال پیغام های بروزرسانی به کنترل کننده مرکزی هستند تا حضور خود را اعلام کنند.

- پیش فعال

کارکرد این روش بر پیش بینی وقایع آینده بر پایه جمع آوری و تحلیل فعالانه شبکه و وقایع پیشین است.

- بازفعال

سیستم بازفعال یک سامانه مدیریتی است که به دنبال یافتن وقایع نیازمند توجه و ارائه پیکربندی های متناسب با آنها در شبکه است. در این سیستم پس از یافتن خطا ، سیستم مدیریتی آن بخش را از سیستم جدا می کند.

تحلیل روش های بررسی خطا

در روش نظارتی فعال بدلیل ارسال متوالی پیغام های اعلام وضعیت، هرچند تاخیر تا حدی کاهش می یابد ولی منجر به ترافیک در شبکه و افزایش مصرف انرژی می شود و لذا کارایی مناسبی در زمینه انرژی ندارد. در روش غیرفعال با توجه به اینکه ارسال ممتد پیغام وجود ندارد ، مشکل مصرف زیاد انرژی مرتفع شده است لیکن بدلیل کارکرد این روش که بر مبنای ساخت یک مدل می باشد ، منجر به پیچیدگی آن در قیاس با مدل فعال می شود. روش پیش فعال نیازمند آزمودن و یادگیری در شبکه است که درنتیجه کارکرد آن را با تاخیر مواجه کرده و لذا در شبکه های بلادرنگ کارایی ندارد. روش بازفعال با مقایسه و ارزیابی داده ها با مقادیر آستانه ای خطا ها را کشف و بررسی می کند که در نتیجه در مقایسه با روش پیش فعال ، پیچیدگی کمتر و در عین حال دقت بالاتری ارائه می دهد.

- بازیابی خطا

در این مرحله WSN با پیکر بندی مجدد از شرایط درگیر با خطا به شرایط عادی خود باز میگردند. لذا پروسه بازیابی جایگزین کردن خطا با شرایط ایده آل است. در بازیابی خطا دو بخش به انجام می رسد: تغییرات در پیکر بندی و بازیابی. بر اساس نوع خطای رخ داده در سیستم ، دو نوع روش بازیابی انجام می شود: بازیابی بازگشتی و بازیابی رو به جلو.

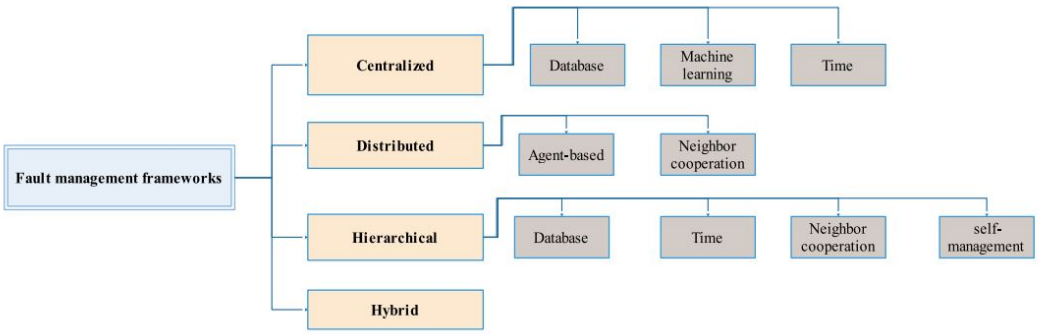
هدف از بازیابی بازگشتی ، برگرداندن شبکه به وضعیت سالم قبلی است. بدین منظور نیاز است هر لحظه اطلاعات وضعیت سیستم ثبت گردد که خود بر دو نوع است: check point و log in. در ساز و کار check point داده ها را ذخیره می کند و هر زمان داده ها دستخوش تغییر شد ، داده ها را در کنار با تغییرات بازیابی می کند. لیکن ساز و کار log in در هنگام تغییر داده ها ، تنها تغییرات ثبت می کند. مزیت این روش ها استقلال آنها از نوع شبکه و مشکل آنها هزینه های بازیابی است. همچنین تضمینی وجود ندارد که همان خطا مجددا بروز پیدا نکند. سیستم بازیابی رو به جلو از سیستم موازی استفاده می کند. بدین ترتیب که مجموعه ای از روش ها و زیرساخت ها را بعنوان جایگزین در نظر دارد. لذا سیستم را به وضعیت کاملا ایده آل بازیابی می کند. لیکن مشکل آن در این است که باید پیش از وقوع خطا از آن مطلع شود.

ارزیابی روش های بازیابی خطا

روش های بازیابی رو به جلو و بازگشتی هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارا هستند. روش بازگشتی هزینه کمتری داشته و سریعتر پیاده سازی می شود ولی سربار بیشتری به شبکه تحمیل کرده و اگر check point دارای خطا شود بازیابی امکان پذیر نیست. همچنین یافتن یک نقطه بازیابی مناسب منجر به پیچیده تر شدن این روش است. لیکن در روش رو به جلو با قرار دادن سیستم های جایگزین روند بازیابی ساده تر ولی در عین حال راه اندازی آن منجر به بروز تاخیر می شود. همچنین به دلیل ساختار معماری قابل پیاده سازی بر روی همه شبکه ها نمی باشد.

توضیح راه حل پیشنهادی مقاله برای حل مسئله:

با هدف شفافتر شدن چهارچوب های مدیریت خطا، دسته بندی جدیدی مطابق با تصویر شماره ۵ ارائه می گردد.



تصویر ۵ – دسته بندی پیشنهادی برای چهارچوب های مدیریت خطا

نظر به ارائه چهارچوب های متعدد در حوزه مدیریت خطا در WSN ضرورت ارزیابی و مقایسه این چهارچوب ها در حوزه های اصلی شامل بعبود در مصرف انرژی، دقت در کشف خطا، تاخیر، مقیاس پذیری و ترافیک ، احساس می شود.

- انرژی

با توجه به اینکه طول عمر یک WSN به عمر گره های آن و لذا مصرف انرژی آنها با در نظر گرفتن محدودیت های باتری ها وابسته است ، لذا رابطه تنگاتنگی بین هدررفت انرژی و سیستم های مدیریت خطا وجود دارد. یکی از راهکار ها خاموش کردن گره ها در زمان عدم کارکرد و یا کاهش حجم داده های ورودی به سینک بوسیله کاهش نمونه گیری است.که

خود منجر به کاهش دقت سیستم مدیریت خطا و لذا افزایش مصرف انرژی در یک سیستم معیوب می گردد.

- دقت کشف خطا

دقت کشف خطا عبارت است از حاصل تقسیم گره های معیوب کشف شده تقسیم بر کل گره های معیوب. روش متعددی برای بهبود این نسبت وجود دارد که بعنوان مثال افزایش در تعداد نود های دخیل در پروسه کشف خطا منجر به بالاتر رفتن دقت ولی در عین حال با بالاتر رفتن تعداد نود ها ، تاخیر بیشتر شده و مصرف انرژی نیز افزایش می یابد.

- تاخیر

تاخیر عبارت از فاصله زمانی بین وقوع خطا و کشف خطا می باشد. اهمیت تاخیر در احتمال گسترش خطا در سطح شبکه و گره های مدیریتی است. سیستم های زمان محور و پایگاه داده محور از تاخیر کمتری برخوردارند ، هر چند کاهش در زمان تاخیر منجر به کاهش دقت در تشخیص خطا می شود.

- مقیاس پذیری

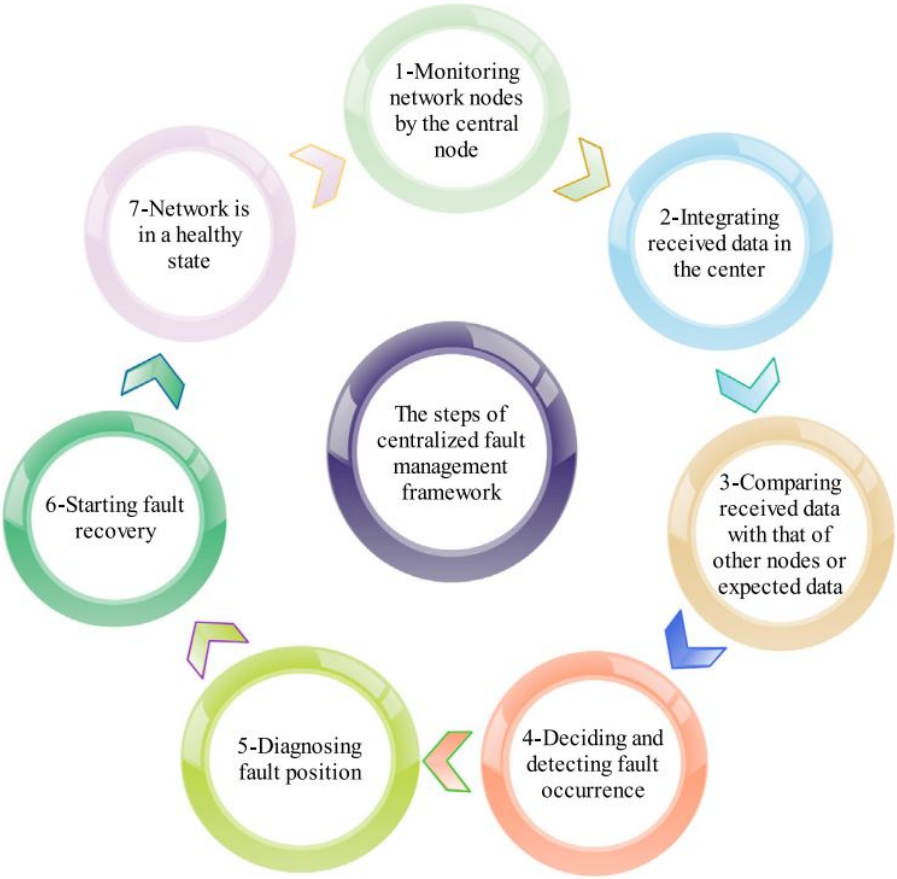
چهارچوب های تشخیص خطا باید به گونه ای طراحی شوند که قادر به تطبیق با شبکه هایی با ابعاد بزرگتر باشند. هر چه وابستگی به نود های مرکزی و یا نود های مسئول کاهش یابد ، به تبع آن مقیاس پذیری نیز افزایش خواهد یافت.

- ترافیک

در شبکه های حسگر بیسیم عمدتا نود های مرکزی و سینک از ترافیک بالاتری نسبت به سایر اجزا شبکه برخوردارند. با توجه به اینکه چهارچوب سلسله مراتبی به کمک ادغام و تجمیع داده ها از ترافیک کمتری برخوردار است ، لذا در میان سایر چهارچوب ها از برتری نسبی برخوردار است.

چهارچوب های مدیریت خطای متمرکز

در این سیستم مدیریتی ایستگاه پایه (BS) دارای یک ابزار و یا یک پردازش به نام مدیر است که وظیفه آن کشف خطا و اعلان اخطار و راه اندازی مکانیزم مدیریت خطاست. در این دسته چهارچوب ها ، نود حسگر متمرکز که می تواند ایستگاه پایه ، کنترل کننده مرکزی و یا یک مدیر باشد ، مسئولیت کشف موقعیت جغرافیایی نود های معیوب در شبکه را به عهده دارد و معمولا دارای منابع نامحدود است. سلسله اقدامات مدیریت خطا در این چهارچوب در تصویر شماره ۶ قابل مشاهده است.



تصویر ۶ – گام های چهارچوب های مدیریت خطای متمرکز

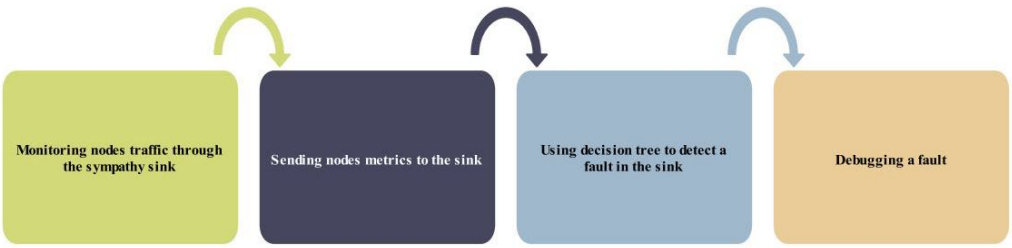
سیستم های متمرکز به سه دسته تقسیم می شوند: دیتابیس محور ، محوریت یادگیری ماشینی و زمان محور.

کارکرد سیستم های دیتابیس محور بدین ترتیب است که تمامی اطلاعات گره ها به یک دستابیس که توسط سیستم مرکزی مدیریت می شود تجمیع شده و لذا اطلاعات زائد در کمترین حد است. نظر به وجود این دیتابیس ، کاربران نیز می توانند اقدام به بررسی اطلاعات نمایند. ابزار های نظارتی به مشاهده رفتار و وقایع رخ داده در گره های حسگر می کنند. در ادامه به مقایسه ۳ نمونه چهارچوب متمرکز با نام های SNMS و UPnP و MOTE-VIEW می پردازیم. فریمورک SNMS از نوع تعاملی است و لذا به نظارت انسانی برای کارکرد نیاز دارد در حالی که کارکرد UPnP و MOTE-VIEW بصورت خودکار است. در SNMS کاربر می تواند میزان باتری گره ها را نیز مشاهده کند. از معایب SNMS می توان به ماهش عمر شبکه بدلیل بازرسی های متوالی و همچنین عدم سازگاری با نظارت غیرفعال است. در UPnP ایستگاه کنترلی که دارای ادوات کافی برای راه اندازی پروتکل UPnP را

داراست و جزء دیگر آن با نام مدیر، مسئول راه اندازی مدیریت شبکه است. ارتباط بین ایستگاه کنترلی و مدیر به کمک پروتکل UPnP انجام می شود. مشکل اصلی این فریمورک قابلیت پیاده سازی آن در سیستم هایی با توان محاسباتی بالا و فضای حافظه زیاد است. از سوی دیگر MOTE-VIEW از ماژول های بصری استفاده می کند و روال کاری آن به شکلی است که تا زمانی که خطایی رخ نداده ، مرکز کنترل در حالت غیرفعال قرار داشته و تصمیمات از طریق گره های مجاور گرفته می شود. در این سیستم در صورت عدم دریافت پیغام پس از ۶۰ دقیقه از گره ها ، خطا تشخیص داده می شود.

سیستم های بر پایه یادگیری ماشینی به سه دسته تقسیم می شوند: یادگیری نظارتی، یادگیری غیر نظارتی و یادگیری تقویتی.

یادگیری نظارتی بدین شکل است که نمونه هایی از داده های ورودی و خروجی را به سیستم بعنوان معیار یادگیری ارائه می دهیم و سیستم بر اساس آنها آغاز بکار می کند. لیکن در مواردی که داده ها خارج از الگوهای تعریف شده باشند ، باید به سراغ یادگیری تقویتی برویم که اساس کار آن با آزمون و خطا می باشد. نوع سوم که یادگیری غیر نظارتی نام دارد ، از داده های برچسب گذاری نشده استفاده می کند تا بتواند الگو های مخفی و جدید را کشف کند. تصمیم گیری درختی یکی از انواع روش های کشف خطاست که بر اساس داده های گذشته و بر اساس یک ساختار شبیه به قوانین IF و ELSE یک ساختار طبقه بندی درختی ایجاد می کند که پس از پایان مرحله یادگیری برچسب گذاری های مورد نیاز برای داده ها انجام می دهد. یکی از فریمورک های معروف در این دسته بندی sympathy نام دارد که در تصویر شماره ۷ قابل مشاهده است. در این ساختار از سینک مرکزی برای کشف و بررسی خطا استفاده می شود و الگوریتم شامل سینک و گره های حسگر است. سینک اقدام به ارسال درخواست به سمت نود ها بمنظور گردآوری داده بر اساس یک واقعه خاص در سیستم می کند و پس از آن الگوریتم آغاز به کار بر روی داده های سینک می کند.



تصویر ۷ – جریان پردازشی چهارچوب Sympathy

چهارچوب های متمرکز زمان محور

این چهارچوب ها شامل ۲ فاز عملیاتی کلی هستند: جمع آوری داده و تخصیص قطعه زمانی.

در مرحله آغاز به کار شبکه ، گره ها همواره از روش ارتباطی CSMA-CA استفاده کرده و دائما در حال شنود هستند. در مرحله جمع آوری داده ها ، مرکز یک ساختار درختی بمنظور اتصال به گره ها فراهم می آورد و یک مسیریابی برای اتصال گره حاوی اطلاعات به ایستگاه پایه انجام می دهد. گره های حاوی اطلاعات نیز از نود های همسایه اقدام به جمع آوری داده می کنند. در مرحله بعدی مرکز به هر گره حاوی اطلاعات یک قطعه زمانی برای انتقال اطلاعات به ایستگاه پایه تخصیص می دهد.
فریمورک FlexiMAC یکی از فریمورک های معروف زمان محور است که خود مبنای کاری فریمورک های دیگری مانند WinMS نیز هست. اساس کار آن بدین شکل است که نود های گیرنده از ساختار توکن بمنظور جلوگیری از تداخل استفاده می کنند. پروسه گردآوری داده از نود ها به کمک زمابندی TDMA انجام می پذیرد. در این ساختار اگر میزان باتری یک گره کمتر از حداقل تعیین شده بوده و یا در قطعه زمانی تخصیص داده شده توی TDMA اقدام به ارسال داده نکند ، معیوب تلقی می شود.

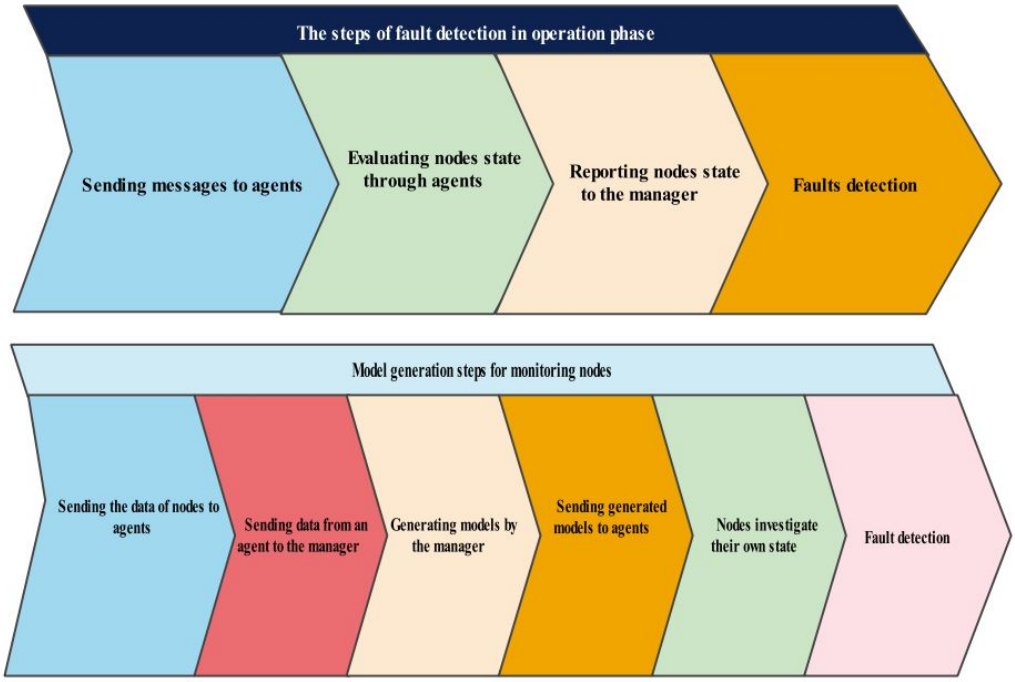
چهارچوب های توزیع شده مدیریت خطا

این نوع از چهارچوب ها با حذف تمرکز زدایی چهارچوب های متمرکز و رفع نواقصی از قبیل مقیاس پذیری و سربار بوجود آمدند. در این فریمورک هر ایستگاه مدیریتی تنها مسئول بخش از شبکه بوده و با دیگر ایستگاه های مدیریتی در ارتباط می باشد. این رویکرد فریمورک های توزیع شده که هر گره را مسئول تصمیم گیری در مورد خودش می کند منجر به نیاز ارتباطی کمتر به ایستگاه پایه می شود.
دو دسته بندی کلی برای چهارچوب های توزیع شده مدیریت خطا تعریف شده است: مامور محور و بر پایه همکاری همسایه.

چهارچوب های مدیریت خطای توزیع شده بر پایه مامور

در این فریمورک ها ابتدا نیاز است با دخالت انسانی در هر محدوده از شبکه به یکی از گره ها نقش مامور داده شود تا به پیاده سازی و اجرای مسئولیت های مدیریتی بپردازد. لذا این شبکه ها کاملا خودکار نمی باشد و نیاز به پیکر بندی پیش از آغاز به کار دارد. همچنین این فریمورک از تاخیری قابل توجه بمنظور ارتباط هر مامور با گره های تحت مدیریت خود برخوردار است. همچنین این فریمورک عملکرد قابل قبولی در شبکه های بزرگ مقیاس ندارد.

یکی از معروف ترین فریمورک ها در این دسته بندی MANNA است. در این فریمورک یک مدیر بیرونی با سطح دسترسی بسیار زیاد قابلیت مدیریت سیستم را دار بوده و می تواند عملکرد های پیچیده ای را در شبکه اجرا کند. البته این دسترسی ها اغلب با مشکل سربار به سیستم مواجه است. روند کاری این چهارچوب در تصویر شماره ۸ قابل مشاهده است.



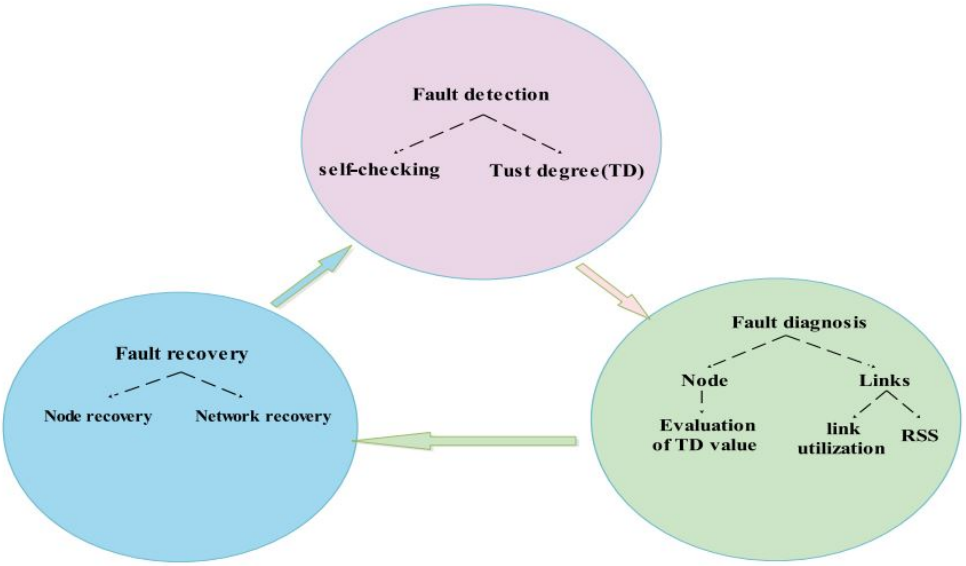
تصویر ۸ – روند پردازش در چهارچوب MANNA

روال کاری این فریمورک بر دو فاز است: نصب و اجزا. در فاز نصب هر مامور اقدام به جمع آوری داده از گره ها کرده و به مدیر مرکزی ارسال می کند. این داده ها شامل میزان باتری باقیمانده نیز می شود. سپس مدیریت مرکزی به کمک این داده ها اقدام به طراحی همبندی و مدل مصرف انرژی می کند. در فاز عملیاتی در کنار کارکرد پایه ای ، فعالیت های مدیریتی نیز توسط مامور ها اجرا می شود. با توجه به اهمیت مدیریت انرژی در این فریمورک ، حسگر ها مرتبا اقدام به بررسی سطح انرژی خود می کنند و اگر تغییری در شرایط آنها پدید آمد ، اطلاعات لازم را برای مامور منصوب خود ارسال کرده تا آن نیز با تبادل با مدیریت مرکزی ، دستورات لازم در خصوص اجرای روند های مدیریت خطا از مدیریت مرکزی به آن مامور ارسال می گردد. روند کسب اطلاعات در خصوص انرژی با ارسال دستور GET از سوی مامور به گره آغاز می شود و در صورتی که پاسخی دریافت نشد با بررسی آخرین اطلاعات در خصوص انرژی ، در خصوص وقوع خطا در سیستم تصمیم گیری می شود.

سیستم توزیع شده مدیریت خطا بر پایه همکاری همسایه

اینگونه فریمورک ها مدل هایی با بکارگیری همبستگی هستند. لیکن از حیث نوع همبستگی به سه دسته تقسیم می شوند. دسته اول همبستگی فضایی نام دارد که معیار همبستگی را گره های محیط اطراف می داند. دسته دوم وابستگی زمانی نام دارد که معیار همبستگی را رابطه بین داده های جمع آوری شده برچسب زمانی حال و برچسب زمانی پیش از آن می داند. و در آخر مدل هایی که معیار همبستگی را یک پدیده مشترک و پارامتر های دخیل در آن می دانند.

در یکی از فریمورک های پیشنهادی که در مرجع ۵۴ به آن اشاره شده است ، هر گره یک جدول از همسایگان خود دارد که داده های خود را با آنها مقایسه کرده و بدین ترتیب با مدل وابستگی فضایی کار می کند. سپس داده های خود را با داده های آنها در یک بازه زمانی پیشین مقایسه کرده و اینبار مدل کاری وابستگی زمانی است. در انتها یک درجه اعتماد تولید می شود که اگر مقدار آن ۱ باشد ، گره قابل اعتماد و در غیر این صورت مقدار ۰ به معنی غیرقابل اعتماد خواهد بود. از دیگر معیار های پیش بینی خطا در این گره نظارت بر سطح انرژی گره است. اگر یک گره سطح انرژی پایینی داشته باشد به گره های همسایه اعلام کند تا مسئولیت های آن را بعهده گرفته و خود در حالت خواب قرار می گیرد. تصویر ۹ نشان دهنده مراحل کار این چهارچوب مدیریت خطاست.



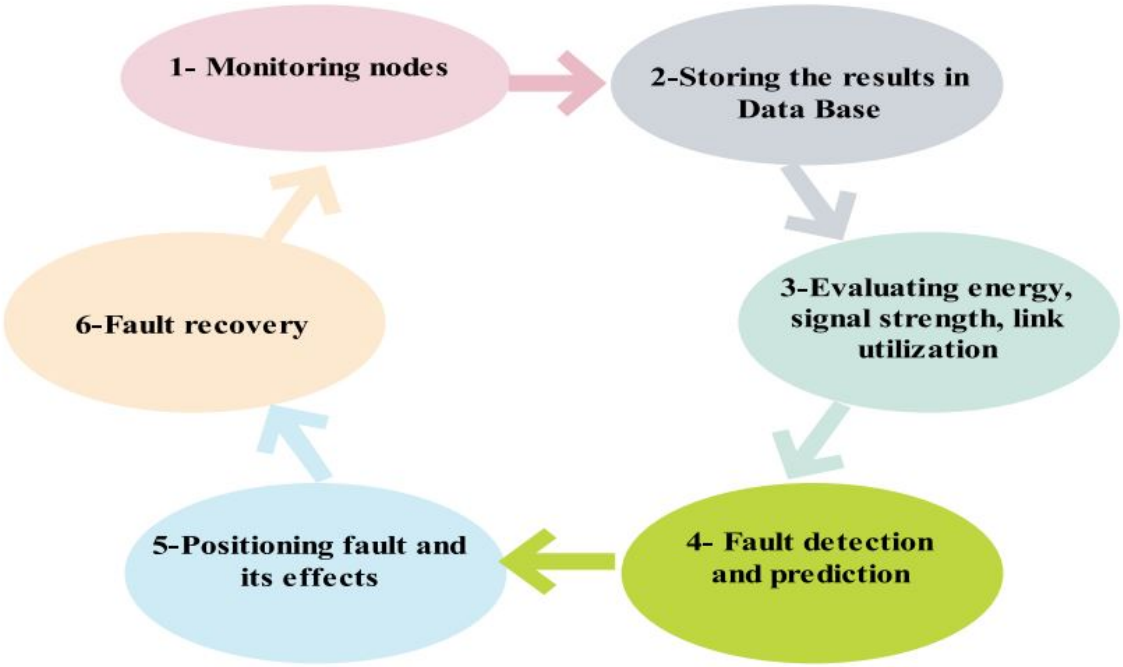
تصویر ۹ – گام های چهارچوب مدیریت خطای توزیع شده

چهارچوب های مدیریت خطای سلسله مراتبی

همانطور که پیشتر ذکر گردید این چهارچوب ها تلفیقی از چهارچوب های متمرکز و توزیع شده هستند. در حالت کلی این نوع فریمورک ها یک لایه مضاعف از گره های مدیریتی را در خود دارا هستند که در نتیجه توزیع نظارت و کنترل ساده تر می شود. این فریمورک ها با هدف کاستن از تاخیر و پیچیدگی های چهارچوب های توزیع شده ارائه شدند. ساختار مدیریتی در این چهارچوب ها بر خوشه و سلول استوار است. بدین ترتیب که گره در دسته هایی به اسم خوشه اقدام به جمع آوری داده و انتقال آن به سینک و یا ایستگاه پایه می نمایند. هر سر خوشه اقدام به جمع آوری و تجمیع داده ها می کند تا بدین ترتیب سربار شبکه کاهش یابد. یکی از زیرشاخه های روش سلسله مراتبی ، فریمورک های سلولی نام دارد. بدین ترتیب که گره ها به دسته هایی از شبکه مجازی سلول ها تقسیم می شود تا بتوان مقیاس پذیری بهتری داشت. در نتیجه کشف نود های معیوب و رفع خطا بصورت محلی انجام شده و در نتیجه مصرف انرژی نیز بهبود می یابد. فریمورک های این دسته به ۴ زیر گروه تقسیم می شوند: پایگاه داده محور ، زمان محور، بر مبنای همکاری همسایه و خودمدیر.

چهارچوب های مدیریت خطای سلسله مراتبی بر مبنای پایگاه داده

همانند سیستم های متمرکز بر پایه پایگاه داده ، این فریمورک ها نیز داده ها را از سر خوشه ها جمع آوری و در یک دیتابیس تجمیع می کنند لیکن نتایج آخر با نتایج پیشین مقایسه می شود تا خطا کشف و بررسی گردد. با توجه به تجمیع داده ها در سر خوشه ، حجم اطلاعات تا حد زیادی کم شده و نیازی به پایگاه های حجیم نمی باشد. یک نمونه ساز و کار از این فریمورک ها در تصویر شماره ۱۰ قابل مشاهده است.



تصویر ۱۰ – گام های یک چهارچوب مدیریت خطای سلسله مراتبی بر پایه پایگاه داده

ساز و کار کلی این لایه ها بدین ترتیب است که در لایه اول سلامتی کلی شبکه WSN و بررسی های کلی صورت می پذیرد. سپس اطلاعات به سر خوشه در بازه های زمانی مشخصی ارسال می شود. اطلاعات در مدیریت تاریخچه حسگر ها ذخیره می شود و کوئری هایی را بمنظور تطبیق نتایج با نتایج پیشین که در گذشته تحلیل شده اند ارسال می کند. مدیر بصورت همزمان داده ها را به بخش آشکار ساز و پیش بینی کننده خطا ارسال می کند. لذا با تحلیل انرژی گره ها ، کارایی لینک ارتباطی و قدرت سیگنال دریافتی ، امکان پیش بینی خطا ممکن می شود. پس از مکاتبه داده های حاصل از پیشبینی و کشف خطا با مدیر ، مدیریت تشخیص می دهد خطا در گره رخ داده است و یا در شبکه و به تبع آن اقدامات لازم برای مدیریت خطا آغاز می شود. لایه یازیابی خطا از ۴ بخش تشکیل شده است: مدیریت بازیابی سطح شبکه، مدیریت بازیابی سطح گره، برنامه ساز بازیابی و واحد هشدار دهنده.

چهارچوب های مدیریت خطای سلسله مراتبی بر پایه زمان

این چهارچوب ها سه مکانیزم برای کشف خطا پیاده سازی می کنند که به ترتیب عبارتند از تاخیر رفت و برگشتی، زمان پاسخ گره و مولفه های زمان سنجی. اولیه مکانیزم عبارت است از زمان مورد نیاز برای یک پکت یا پالس سیگنال که از یک منبع مشخص به سمت همسایگان حرکت کرده و سپس مجددا به سمت مبدا بازگردد. دومین مکانیزم عبارت از زمان مورد نیاز توسط همسایگان یک گره است تا به پیغام آن گره پاسخ دهند. این زمان دارای یک مقدار آستانه ای نیز است و در صورتی که گره های همسایه در زمانی کمتر از زمان آستانه پاسخگو نباشند ، معیوب تلقی خواهند شد.

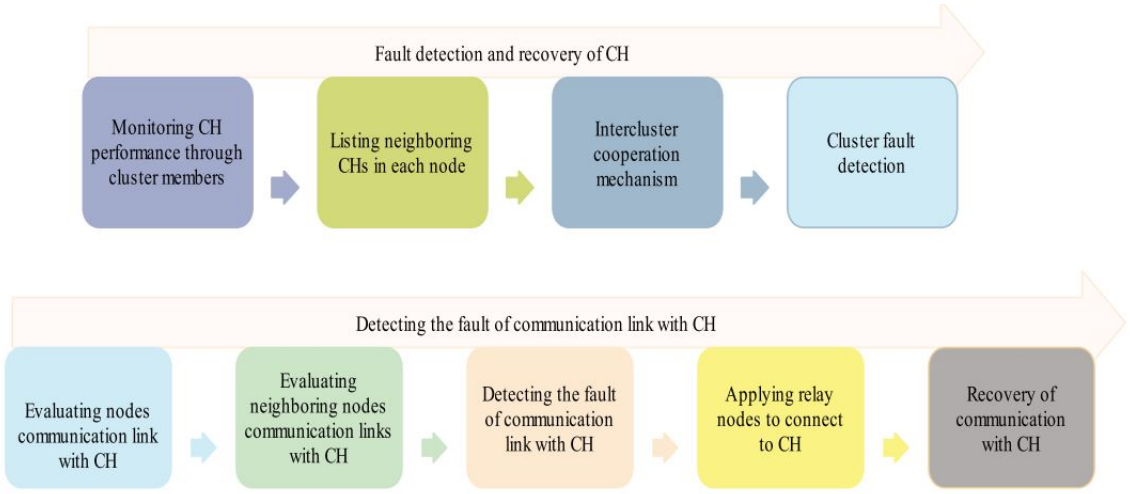
از جمله فریمورک های رایج در سیستم های مدیریت خطای بر پایه زمان ، می توان به CRAFT ، ECRAFT ، IFTF و ZFTMA می باشند. فریمورک CRAFT اقدام به تجمیع عملیات اصلی شبکه ها و وظایف حوزه تحمل خطا می کند. ایده اصلی این فریمورک استفاده از ایست بازرسی های متناوب است. داده های ذخیره شده در ایست های بازرسی بمنظور بازیابی داده ها در زمان وقوع خطا استفاده می شود. فریمورک ECRAFT نسخه پیشنهاد شده بمنظور بهبود کارایی CRAFT است و این عمل را به کمک تخصیص یک ایست بازرسی در هر خوشه انجام می دهد. در نتیجه داده های تجمیعی علاوه بر ارسال به سینک ، در ایست های بازرسی داخل هر خوشه نیز ذخیره می شوند. فریمورک IFTF دو نوع خطا را مورد بررسی قرار می دهد. مورد اول خطا های ناشی از تخلیه باتری در

گره ها و دیگری خطا های ناشی از اتصالات ضعیف شبکه در میان همسایگان است. روش کار این فریمورک بدین ترتیب است که در بازه های زمانی مشخص اقدام به درخواست وضعیت از گره های خوشه مرتبط با خود می کنند. بازه های زمانی باید به قدری طولانی باشد که برای پیام ها فرصت کافی رسیدن به سر خوشه را قائل باشد. در غیر این صورت خطا های انتقال رخ می دهد. اگر یک گره پاسخ پیغام سر خوشه را ندهد ، یک گره مشکوک به خطا تلقی شده و کارکرد آن از گره های همسایه استعلام می گردد. این مرحله نقش بسیار مهمی را در کاهش تعداد هشدار های نادرست ایفا می کند. فریمورک دیگر ZFTMA نام دارد. این فریمورک قادر به کشف خطای یک خوشه و گره های داخل آن است. در این ساختار اگر سر خوشه در بازه زمانی مشخص پیامی از سوی یک گره دریافت نکند ، به آن مشکوک شده و بازه زمانی دیگری به آن مهلت می دهد تا پاسخ دهد و اگر در زمان اضافه نیز پاسخی دریافت نکرد ، آن نود را معیوب تلقی کرده و این را به سایر شبکه گزارش می دهد. با توجه به نقش مهم سر خوشه ها در این فریمورک ، در صورتی که باتری سر خوشه از مقدار مشخصی کمتر شد ، همزمان پروسه جایگزین شدن آن نیز آغاز می شود. همچنین این فریمورک یک مکانیزم یا نام مدیر ناحیه ای نیز دارد که وظیفه آن بررسی اطلاعات سر خوشه هاست. لذا تمامی سر خوشه های آن ناحیه تحت بررسی مدیر ناحیه ای هستند. لذا پروسه یافتن جاگزین برای سر خوشه مورد نظر توسط مدیر ناحیه انجام می پذیرد.

چهارچوب مدیریت خطای سلسله مراتبی بر پایه همکاری همسایه

این نوع فریمورک ها نیز مانند انواع توزیع شده، بر پایه همکاری بین همسایه ها کار می کنند. لیکن تفاوت در اینجاست که در نمونه های سلسله مراتبی ، داده های ثبت شده توسط گره ها در هر فضای خوشه می بایست مشابه باشد و هر گونه اختلاف در این داده ها نشان دهنده بروز خطاست. لذا منطق رای دهی و انتخاب اکثریت را می توان برای این مدل متصور شد. در این مدل اگر تعداد زیادی از گره ها نتوانند با سر خوشه در ارتباط باشند ، آن سر خوشه را معیوب تلقی می کنند و روند انتشار هشدار عیب در سر خوشه ، به همسایگان آغاز می شود و در نتیجه بدنبال سر خوشه دیگری در لیست همسایگان خود می گردند. در صورتی که یک یا چند گره نتوانند با سر خوشه ارتباط برقرار کنند ولی سایر اعضای خوشه در حال تبادل دیتا با سر خوشه باشند ، نود های دارای مشکل ارتباطی ، یک گره نزدیک به خود را به عنوان واسط برای ارتباط با سر خوشه انتخاب می کنند. ساز و کار کشف و بازیابی خطا در این فریمورک در تصویر ۱۱ قابل مشاهده است. از جمله پروتکل های معروف در این حوزه می توان به DFMC اشاره کرد که در آن از حسگر های سلولی استفاده می شود. در آن بای هر خوشه یک سر خوشه و یک مدیر انتخاب می شود. در شرایط عادی تمامی مدیر ها در وضعیت خواب قرار دارند. پس از کشف نود معیوب به روش رای گیری در خوشه ، یک گره از سوی مدیر خوشه ، که بیشتری گستره ارتباطی را دارد ، بعنوان جایگزین برای مسئولیت های آن کره انتخاب می

شود.



تصویر ۱۱ – گام های کشف و بازیابی خطا در یک سر خوشه و یا لینک اتصال

چهارچوب مدیریت خطای سلسله مراتبی بر پایه خودمدیریت

اساس کاری این فریمورک ها بر کشف خطای هر گره توسط خودش است. بدین ترتیب که هر گره مرتبا وضعیت فعلی خود را با وضعیت اولیه مقایسه می کند. پس از کشف مشکل ، گره اقدام به ارسال شرایط خود به سر خوشه و همسایگان می کند. از جمله فریمورک های معروف در این دسته بندی می توان به SFM اشاره کرد. این فریمورک شامل تعدادی گره های استاندارد است که همگی در مدیریت شبکه دارای نقش هستند. در این روش تنها گره هایی که پاسخگو نیستند در مدیریت خطا گنجانده می شوند. اگر یک نود معیوب در این سیستم کشف شود، شمارنده یک واحد افزایش می یابد. این شمارنده ها در یک جدول نگهداری می شوند و گره ها بمنظور کشف گره مشکوک با یکدیگر همکاری می کنند. هر گره پیغامی را برای همسایگان خود ارسال همگانی می کند. این پیغام حاوی شناسه آن گره و مقدار حسگر است. همه همسایگان دارای جدولی هستند که در آن به جستجوی شناسه گره مورد نظر می پردازند. اگر شناسه در جدول موجود نباشد ، اقدام به مقایسه مقدار حسگر می کنند با میانگین مقادیر موجود می کنند. اگر مقدار باقیمانده به حدنصاب رسید ، شماره ۱ واحد افزایش می یابد. ولی اگر کمتر از مقدار آستانه بود ، پیغامی مبنی بر مشکوک بودن ارسال می شود. با دریافت این پیغام ، گره بررسی می کند آیا شناسه این نود در حافظه گره های مشکوک قرار دارد یا خیر. اگر شماره شناسه موجود بود ، پیغامی به نود همسایه ارسال شده و آن نود معیوب معرفی می شود.

چهارچوب های مدیریت خطای دورگه (هایبرید)

یک فریمورک دورگه تلفیقی از فریمورک های سلسله مراتبی و توزیع شده است. این فریمورک LPS-FMP نامیده می شود و متشکل از ایستگاه مدیریتی، سیستم مدیریتی ، سیستم مامور، سیستم درگاه و نود های حسگر معمولی است. در این روش اطلاعات خطا به دو روش گردآوری می شود: اطلاعات بارگزاری شده توسط مامور و کوئری های خروجی از مدیریت. بمنظور کشف خطا ۳ جزء دخیل هستند: اولین جزء شبکه ای است که برای درک اطلاعات محیطی و ارسال اطلاعات استفاده می شود. دومین جزء شامل ماژول توان، ماژول حسگر و ماژول حسگر فرکانس بالا می باشد و از آن برای اطمینان از معیوب بودن ماژول های شبکه اصلی استفاده می شود. سومین مولفه سامان دهنده عیب نام دارد و وظیفه آن فعال نگاه داشتن گره و ثبت کردن اطلاعات آن گره در هنگام بروز خطاست.

جمع بندی و تحلیل مقاله:

مقاله مورد بحث بسیار کامل ، گیرا و با ذکر کامل جزئیات بود و یکی از بهترین نمونه های مقالات مروری مطالعه شده توسط اینجانب بود. آشنایی با روش های کشف خطا و مدیریت خطا بسیار جالب بود. بعنوان مثال یکی از جالب ترین روش ها کشف نود معیوب در فریمورک SFM بود.

متاسفانه ایرادات کوچکی بدین شرح مشاهده شد: در دومین پاراگراف بخش ۴ مقاله در صفحه ۶ نسخه انگلیسی ذکر شده است که چهارچوب های متمرکز به ۴ زیر دسته تقسیم شده است، در حالی که ۳ دسته بندی ذکر شده است و در تصویر مربوطه نیز ۳ دسته بندی آورده شده است. همچنین در بخش مقدمه در ابتدای مقاله انگلیسی در سطر سوم پاراگراف دوم عدد ۱ به اشتباه در کنار and آورده شده است. با توجه به اینکه مقاله ای با این گستردگی موضوعات ، به بهترین و گویا ترین شکل به توضیح چهارچوب های مدیریت خطا در WSN پرداخته ، جای آن داشت دقت بیشتری در رفع این نواقص بکار گرفته می شد.