بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکدهٔ فنی و مهندسی

رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc) در رشته برق

گرایش الکترونیک

عنوان:

بهبود مصرف انرژی با استفاده از بارگذاری مسیر برمبنای ترکیب ارسال سیل‌آسای کور و یادگیری پاداشی برای کاهش دادن تعداد بسته‌های کنترلی یک مسیریابی انرژی آگاه شبکه‌های حسگر بیسیم

استاد راهنما:

دکتر رضا صباغی‌ندوشن

استاد راهنما:

دکتر آرش دانا

پژوهشگر:

سید حسن موسی کاظمی محمدی

تابستان ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی:

قبل از هرچیز، خداوند بزرگ را به خاطر لطفی که همواره شامل حال من نموده شاکرم. سپس، از زحمات همه‌ی کسانی که من را در تهیه و تنظیم این اثر یاری کرده‌اند، به ویژه استاد محترم راهنما، جناب دکتر رضا صباغی ندوشن و همچنین استاد مشاور محترم، جناب دکتر آرش دانا سپاسگزارم.

امام علی (ع) فرمودند:
مراقب افکارت باش
که گفتارت می‌شود
مراقب گفتارت باش
که رفتارت می‌شود
مراقب رفتارت باش
که عادتت می‌شود
مراقب عادتت باش
که شخصیتت می شود
مراقب شخصیتت باش
که سرنوشتت می شود

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب سید حسن موسی‌کاظمی محمدی دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی در رشته برق- الکترونیک که در تاریخ

از پایان نامه خود تحت عنوان:

با کسب نمره و درجه دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام.

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳- چنانچه بعد از فراغت ازتحصیل، قصد استفاده و هر گونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

٤- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ :

دانشجوی کارشناسی ارشد آقای/خانم از پایان نامه خود دفاع نموده و با نمره بحروف و با درجه

مورد تصویب قرار گرفت .

امضاء استاد راهنما :

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱: کلیات طرح ۱

۱-۱ بیان پرسمان ۱

۱-۲ هدف‌های تحقیق ۲

۱-۳ ارزش موضوع تحقیق و انگیزش انتخاب آن ۲

۱-٤ سؤالات و فرضیه‌های تحقیق ۳

فصل ۲: پیش‌زمینه‌ی تحقیق ۹

مقدمه ۹

۲-۱ آشنایی با شبکه‌های حسگر بیسیم ۹

۲-۲ اجزاء شبکه‌های حسگر بیسیم ۱۱

۲-۳ پشته‌ی قرارداد یا مدل OSI ۱۷

۲-٤ هوش محاسباتی در شبکه‌های حسگر بیسیم ۱۸

۲-۵ چالشها در شبکه‌های حسگر بیسیم ۲۰

۲-٦ طبقه‌بندی جامع‌تر قراردادهای مسیریابی ۲۵

فصل ۳: پیشینه‌ی تحقیق ۳۱

مقدمه ۳۱

۳-۱ مروری بر کارهای گذشته ۳۱

۳-۲ خلاصه و بحث سراسری ٤۱

فصل ۴: روش شناسائی تحقیق ۴۳

مقدمه ٤۳

٤-۱ معرفی فرضیه ٤۳

٤-۲ چارچوب مسیریابی ٤٤

٤-۳ تعریف کارکردی پیمانه‌های کارایی ٤۸

٤-٤ روش پیشنهادی ۵۱

فصل ۵: دستاوردها ۶۴

مقدمه ٦٤

۵-۱ چارچوب ارزیابی تجربی ٦۵

۵-۲ بررسی انرژی آگاهی در قراردادهای پایه ٦۹

۵-۳ دستاوردهای شبیه‌سازی ۷۳

فصل ۶: برداشت و پیشنهادات ۸۱

مقدمه ۸۱

۶-۱ برداشت ۸۱

۶-۲ پیشنهادات ۸۲

فهرست منابع ۸۳

پیوست أ آشنایی با شبیه‌ساز شبکه‌ی حسگر بیسیم ۸۸

أ-۱ معرفی ۸۸

أ-۲ PROWLER ۸۹

أ-۳ RMASE ۹٤

پیوست ب فرایند ارزیابی پارامترهای کارایی ۹۶

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۵-۱ پارامترهای شبیه‌سازی..... ۶۷

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ مروری بر چالش‌های شبکه‌های حسگر بیسیم و ایده‌ی مطرح هوش محاسباتی بکار بسته برای غلبه بر آنها [2] **..... ۴**
شکل ۲-۱ دسته‌بندی شبکه‌های بیسیم ۱۳
شکل ۲-۲ ساختار یک شبکه‌ی حسگر بیسیم نمونه..... ۱۴
شکل ۲-۳ ساختار داخلی یک گره حس/کار ۱۵
شکل ۲-۴ مدل برنامه نویسی رویدادگرا ۱۷
شکل ۴-۱ تابع ضریب شمار گام hcm **با هدف بهینه‌سازی مختلف..... ۵۸**
شکل ۴-۲ فلوچارت محاسبه‌ی شمار گام..... ۶۲
شکل ۴-۳ گام بارگذاری نخستین برای یک الگوریتم مسیریابی نمونه ۶۳
شکل ۴-۴ آغاز گام گسیل داده برای یک الگوریتم مسیریابی نمونه ۶۳
شکل ۵-۱ کارکرد راهبردهای مورد بررسی با شمار دفعات تکرار گسیل سیل‌آسای آغازین متفاوت..... ۶۹
شکل ۵-۲ بافت‌نگار انرژی باقی‌مانده و طول عمر شبکه ۷۰
شکل ۵-۳ نقشه رنگ صفت انرژی باقی‌مانده‌ی گره‌های شبکه ۷۱
شکل ۵-۴ ضریب تغییرات انرژی..... ۷۲
شکل ۵-۵ پیش‌بینی طول عمر شبکه ۷۲
شکل ۵-۶ شمار بسته‌های دریافت شده ۷۳
شکل ۵-۷ نسبت تحویل داده ۷۴
شکل ۵-۸ تأخیر..... ۷۵
شکل ۵-۹ کارکرد انرژی..... ۷۶
شکل ۵-۱۰ بازده‌ی انرژی ۷۷
شکل ۵-۱۱ سربار بسته‌های کنترلی ۷۸
شکل ۵-۱۲ پیش‌بینی طول عمر شبکه ۷۹

فصل ۱

کلیات طرح

۱-۱ بیان پرسمان

سناریوی آغازین شامل یک هم‌بندی از گره‌های حسگر و شمار اندکی از ایستگاه‌های پایه می‌باشد. در بسیاری از کاربردها، نگهداری و پر کردن دوباره‌ی انباره‌ی[1] گره‌های حسگر پس از جای‌گزینی ممکن نیست. لذا عمر انباره عملاً عمر گره و به دنبال آن عمر شبکه را می‌گمارد. پس ارزش گردانش[2] کارکرد انرژی گره روشن است. گره‌های حسگر انرژی اندک خود را را در انجام محاسبات و یا ترابرد داده‌ها بکار می‌برند؛ بنابراین از یک قرارداد مسیریابی انتظار می‌رود که نخست انرژی آگاه باشد تا با پخش گسیل بسته‌های داده در چند مسیر، انباره‌ی همه‌ی گره‌ها با نرخ برابری تخلیه شود، دوم آنکه شمار مجموع پیوندها[3] را در بارگذاری، اکتشاف و نگهداری مسیر کمینه کند. این در کل افزایش طول عمر شبکه[4] را به دنبال خواهد داشت. پیوندهای بیسیم یک سیستم پیچیده و پویا را فراهم می‌آورد. از این رو رویکردهای هوشمند[5] به عنوان جایگزینی برای رویکردهای قانونمند[6]، در مسیریابی شبکه‌های حسگر پدیدار شدند. بیشتر این روش‌ها می‌کوشند تا به شیوه‌ای علاوه بر حفظ چگونگی مسیریابی، طول عمر شبکه را افزایش دهند. رویه‌ی همبهر[7] تمام این روش‌ها، گام بارگذاری مسیریابی است. به وارونه‌ی قراردادهای مسیریابی جغرافیایی، به سبب

[1] Battery
[2] Management
[3] Communications
[4] Extending Wireless Sensor Network Lifetime
[5] Intelligence-based approach
[6] Policy-based approach
[7] Common

هزینه‌ی زیاد تمام شده برای فراهم آوردن دستمایه سخت‌افزاری چه از دید اقتصادی و چه انرژی لازم برای جمع‌آوری داده‌های تپولوژی، بیشتر قراردادهای مسیریابی در این گام از گسیل همه‌پخشی کور در سرتاسر شبکه استفاده می‌کنند. بدین سان با بارگذاری آغازین پارامترها در گره‌ها، شبکه را آماده‌ی گسیل و دریافت داده می‌نمایند. در کاربردهای رایج شبکه‌ی حسگر که شامل صدها و یا حتی هزاران گره می‌باشد، این شیوه‌ی بارگذاری کارکرد انرژی چشمگیری خواهد داشت؛ بنابراین پژوهش در این زمینه امری بایسته به نظر می‌رسد. روش‌های جدیدی برای حل این پرسمان باید ارائه گردد که بدون افزایش دستمایه‌ی سخت‌افزاری و به دنبال آن هزینه‌های اقتصادی، کارکرد انرژی را در این گام کاهش دهند. پس یک گام به جلو در راستای هدف هر قرارداد مسیریابی در شبکه‌ی حسگر، افزایش طول عمر شبکه، برداشته خواهد شد.

۱-۲ هدف‌های تحقیق

اهداف سراسری: مروری بر حوزه‌ی دانش شبکه‌های حسگر و کسب شناخت از چالش‌های مطرح در آن، بررسی رویکردهای متفاوت در مسیریابی شبکه‌ی حسگر و در نهایت انتخاب بهترین رویکرد، مطالعه و بررسی تفاوت بین قراردادهای مسیریابی و شناخت چرایی تفاوت آنها در زمینه‌ی کاهش انرژی و افزایش طول عمر شبکه، به ویژه بررسی تفاوت‌ها و روش‌ها در گام بارگذاری مسیریابی در صورت وجود تفاوت.

هدف ویژه: شناخت روش‌ها و یا شگردهایی جدید برای بارگذاری شبکه تا قرارداد را از همه‌پخشی فراگیر در کل شبکه در گام بارگذاری بی‌نیاز کرده و علاوه بر حفظ چگونگی دیوان مسیریابی، طول عمر شبکه را افزایش دهد.

۱-۳ ارزش موضوع تحقیق و انگیزش انتخاب آن

هوش محاسباتی[1] در مسیریابی و خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بیسیم[2] (WSNs) یک حوزه‌ی تحقیق بسیار فعال می‌باشد. وجود چالش‌های متعدد در حوزه‌ی مسیریابی بنا به مشخصات خاص شبکه‌های حسگر بیسیم ارزش و ضرورت تحقیق در این حوزه را نشان می‌دهد. مسیریابی آگاه از انرژی و خوشه‌بندی، زمان‌بندی، امنیت، ترکیب داده، چگونگی خدمات، مقیاس‌پذیری، انعطاف پذیری، عدم تجانس گره‌ها، گره‌های متحرک، عدم سربار ارتباطی، حافظه‌ای و محاسباتی از جمله‌ی

[1] Computational intelligence
[2] Wireless Sensor Networks (WSNs)

این چالش‌ها هستند. چون کاربردهای متداول شبکه‌ی حسگر، شامل صدها و حتی هزاران گره می‌باشد، ارزش موضوع مورد پژوهش دو چندان رخ می‌نمایاند؛ بنابراین اغلب الگوریتم‌های مسیریابی که از همه‌پخشی فراگیر در شبکه برای بارگذاری استفاده می‌کنند، کارکرد انرژی قابل ملاحظه‌ای را در این گام به خود اختصاص می‌دهند. در مقابل وجود روش‌ها و شگردهای متعدد ارائه شده برای خود گام پیوندهای مسیریابی، خلاء جدی فقدان راه حل‌های متنوع در گام بارگذاری احساس می‌شود. از این رو حوزه‌ی نو در روش‌های بارگذاری مسیریابی شبکه‌های حسگر و جای کار بسیار زیاد در این زمینه، انگیزه‌ی زیادی را در هر محقق برای حرکت در این حوزه ایجاد خواهد کرد.

۱-٤ سؤالات و فرضیه‌های تحقیق

۱-۴-۱ سؤال یا سؤالات اصلی تحقیق

آیا می‌توان با استفاده از ترکیب روش گسیل سیل آسای کور و یادگیری پاداشی شمار بسته‌های کنترلی را در گام بارگذاری یک مسیریابی آگاه از انرژی برای شبکه‌های حسگر بیسیم کاهش داد و به دنبال آن کارکرد انرژی را بهبود بخشید؟

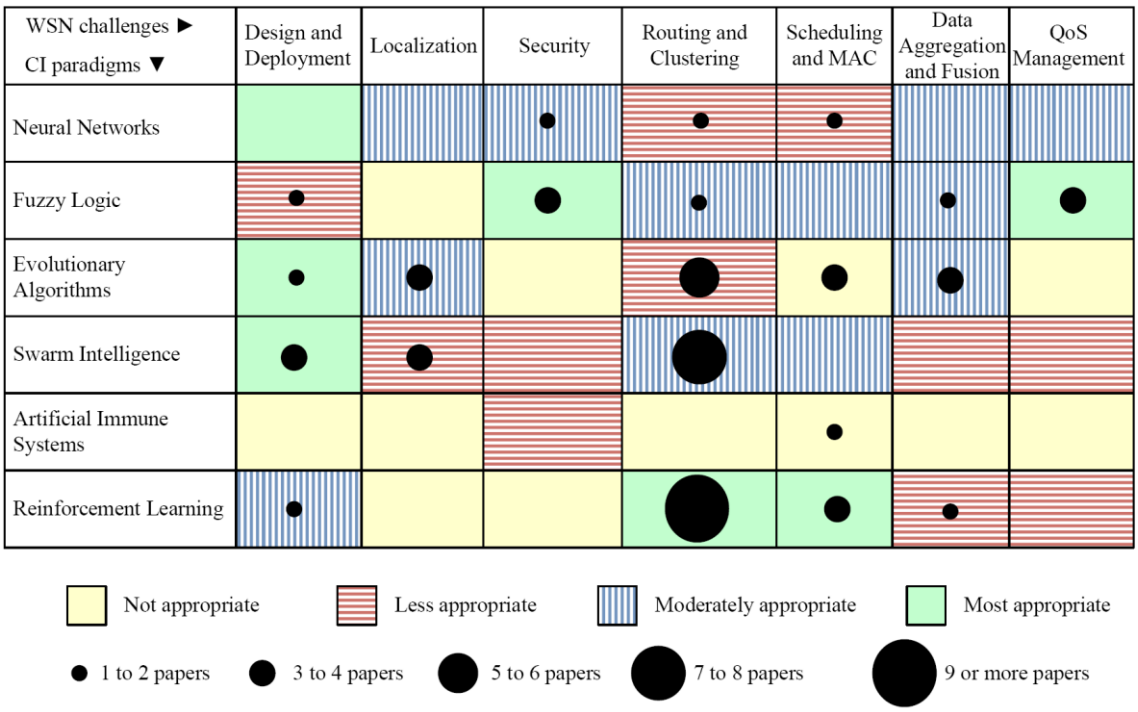
۱-۴-۲ فرضیه‌های تحقیق

در رویکردهای قانونمند[1]، هر میزبان یک مجموعه از قوانین ثابت و خشک را به کار می گیرد. عیب مهم سیستم‌های قانومند عدم توانایی تغییر یا توسعه به روش پویا نسبت به محیط کاری در حال تغییر است؛ زیرا روابط بین حالت‌ها[2]، رویدادها[3] و اقدامات[4] ایستا هستند. پیوندهای بیسیم یک سیستم پیچیده و پویا را فراهم می‌آورد. رویکردهای هوشمند[5] به عنوان روش جایگزین، هر میزبان را قادر می‌سازد تا حالتها، رویدادها و اقدامات جدید را یاد بگیرد و با ارزیابی بازخورد اقدامات خود آنها را هماهنگ می‌کند تا اینکه اقدامات بهینه یا تقریباً بهینه به کار گرفته شود [1]؛ بنابراین ضرورت استفاده از رویکردهای هوشمند در پیوندهای بیسیم روشن است.

شکل زیر برگرفته از مقاله‌ی [2] است که در آن یافته‌های نویسندگان خلاصه شده است. ستون‌های جدول بیانگر حوزه‌های کاربرد بررسی شده‌ی مقاله در شبکه‌های حسگر بیسیم و سطرها شگردهای هوش محاسباتی مطرح در آن حوزه را بیان می‌کند. اندازه‌ی دایره‌های سیاه شمار مقاله‌های

[1] Policy-based Approach
[2] states
[3] events
[4] actions
[5] Intelligent-based Approach

مرور شده در آن حوزه و رویکرد CI مربوط را نشان می‌دهد. در مقابل، سایه کردن سلول بیانگر یک ارزیابی از قابلیت اجرایی و مناسب بودن آن روش CI در آن حوزه می‌باشد. البته این ارزیابی همیشه درست نیست، چرا که این به شدت به دقت الگوریتم CI، پارامترهای آن و فرموله‌سازی دقیق پرسمان بستگی دارد؛ اما این دید خوبی به خواننده می‌دهد تا کدام روش CI را برای حل یک مشکل در شبکه‌های حسگر بیسیم انتخاب کند.



شکل ۱-۱ مروری بر چالش‌های شبکه‌های حسگر بیسیم و ایده‌ی مطرح هوش محاسباتی بکار بسته برای غلبه بر آنها [2]

به نظر می‌رسد مسیریابی و خوشه‌بندی رایج‌ترین زمینه در WSN برای به کارگیری روش‌های CI می‌باشد. در واقع این در بیشتر اوقات یک حوزه‌ی تحقیق فعال است. همان طور که شیوه‌ی سایه زدن هر سلول نشان می‌دهد؛ همه‌ی روش‌های CI به طور برابر مناسب نیستند. شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های تکاملی وابستگی پردازشی زیادی دارند و معمولاً راه‌حل‌های متمرکزی هستند. در مورد شبکه‌های عصبی، یادگیری می‌تواند آنلاین در هر یک از گره‌ها انجام گیرد، اما آهسته بوده و به حافظه‌ی زیاد نیازمند است. این دو رویکرد CI برای خوشه‌بندی و هنگامی که طرح‌های خوشه‌بندی می‌تواند از قبل جای‌گزینی یابد، اندکی مناسب‌تر می‌باشد. منطق فازی برای پیاده ساختن مسیریابی و خوشه‌بندی غیر مستدل و بهینه‌سازی‌ها، نظیر کلاسه‌بندی چگونگی سرخوشه یا لینک بسیار مناسب

می‌باشد؛ اما این راه‌حل‌های غیر بهینه تولید کرده و نیاز است تا قواعد فازی به محض تغییرات هم‌بندی دوباره یادگرفته شوند. هوش جمعی یک ایده‌ی خیلی مشهور در محاسبه‌ی طرح‌های مسیریابی شبکه‌های سیار اقتضایی[1] (MANETS) است؛ اما در WSNs، این سربار ارتباطی زیادی ناشی از فرستادن مورچه‌ها به طور مجزا برای مدیریت مسیرها به دنبال دارد. علاوه بر این، هوش جمعی معمولاً نیاز دارد تا مورچه‌ها به منبع داده فرستاده شود و این هزینه‌ی انرژی را افزایش می‌دهد. مدل هوش جمعی نیاز به تغییر دارد تا با احتیاج‌ها و مشخصات WSNs سازگار شود. هنگام مواجه با مسائل پویا و پخشی نظیر مسیریابی و خوشه‌بندی در WSNs، یادگیری تقویتی بهترین گزینه است. این، دقیقاً مشخصات مورد نیاز را داشته و به طور بسیار موفقیت‌آمیزی در هر دو شکل، حتی در میز آزمایش واقعی به کار گرفته شده است. یادگیری تقویتی منجر به اتخاذ تصمیم‌های مسیریابی بهینه شده که انعطاف‌پذیر و مقاوم در برابر خرابی گره/ لینک بوده و کاملاً پخشی می‌باشد. نیازهای ارتباطی آن تقریباً صفر می‌باشد و از تحویل داده حتی در پرسمانی با هم‌بندی پویا پشتیبانی می‌کند. Q-learning گسترده ترین رویکرد یادگیری پاداشی مورد استفاده در شبکه‌های بیسیم است [1] زیرا کمترین احتیاج‌های ارتباطی و پردازشی را داشته و مدل آن بسیار انعطاف‌پذیر می‌باشد؛ بنابراین به کار گیری الگوریتم یادگیری پاداشی در مسیریابی آگاه از انرژی روشن است.

با وجود انبوهی از کاربردهای CI موفق در WSNs، نگرانی اصلی این است که بیشتر این الگوریتم‌ها یا قراردادها هنوز در گام توسعه هستند و آنها ممکن است برای همیشه به گام پایانی نرسند. تنها شمار خیلی اندکی از قراردادها از محیط‌های شبیه‌سازی برآمده‌اند. بیشتر آنها حتی عدم قابلیت اطمینان، لینک‌های نامتقارن، خرابی گره و قابلیت تحرک را بررسی نمی‌کنند. علاوه بر این، فقدان مقایسه با قراردادهای سنتی مرسوم برای مشخص کردن مزایای معرفی CI یکی از مشکل رایج آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین هدف کمیته‌ی تحقیق CI برای آینده‌ی CI در WSNs، بهبود راه حل‌های موجود حاضر، پالایش آن‌ها و تعریف قراردادها برای دنیای واقعی با کارکرد مناسب می‌باشد. تنها شمار اندکی از ابتکارات منتشر شده در این راستا به چشم می‌خورد. با توجه به مطالب بیان شده، انتخاب روش یادگیری تقویتی با روش Q-Learning برای مسیریابی انرژی آگاه در لایه‌ی شبکه در WSNs و کوشش در اصلاح این روش برای نیل به هدف هر چه بیشتر کارکردی شدن آن روشن است.

به طور فراگیر یک مسیریابی می‌تواند سه گام بارگذاری آغازین، گسیل داده و نگهداری از

[1] Mobile Ad-hoc Networks (MANETS)

مسیر را دارا باشد. مقاله‌ی [3] گسیل سیل‌آسای کور[1] (BF) را همراه با انواع گسیل سیل‌آسای کارامد[2] (EF) در قالب کاربرد گسیل سیل‌آسا، به جای تمرکز بر روی کاربردهای گوناگونی که از گسیل سیل‌آسا به عنوان مکانیسم پایه در انتشار پیام های کنترلی استفاده می‌کنند، مورد مقایسه قرار می‌دهد. بر خلاف BF در روش EF، زمانیکه داده‌های توپولوژی یا همسایگان در دسترس باشد، تنها یک زیر مجموعه از همسایگان برای انتشار در گسیل سیل‌آسا مورد نیاز است تا گسیل سیل‌آسای کامل را تضمین کند. مشخصات شبکه (به طور مثال، گره‌های متحرک، منابع و پهنای باند اندک) جمع‌آوری داده‌های توپولوژی را دشوار می‌سازد. این اغلب سربار اضافی زیادی به دلیل تبادل متناوب پیام یا به روزرسانی رویدادگرا با جای‌گزینی انتخابی سیستمی نظیر سیستم موقعیت‌یاب جهانی[3] (GPS) دربردارد. از این رو، بسیاری از طرح‌های مسیریابی واکنش‌پذیر و ارائه‌ی خدمات قراردادهای اکتشافی برای سادگی از BF بهره می‌گیرند. مقاله روش EF را به سه دسته‌ی قراردادهای برپایه‌ی ذهنیت[4] (غیر مستدل)، برپایه‌ی هم‌بندی و برپایه‌ی خوشه دسته‌بندی می‌کند. مقاله بیان می‌کند که روش خوشه‌بندی منفعل[5] (PC) بهترین کارکرد سراسری را بین روش‌های مختلف دارد. این نشان می‌دهد که روش PC با تبادل داده‌های همسایگی از ترافیک در حال جریان برای انتشار وضعیت خوشه‌ی هر گره و جمع‌آوری داده‌های همسایگی از طریق دریافت‌های بیقاعده‌ی بسته‌ها سربار ارتباطی اضافی را کاهش و خاصیت مقیاس‌پذیری را افزایش داده است. مقاله‌ی [4] بر خلاف اغلب الگوریتم‌های انتخاب سرخوشه، نمی‌کوشد سرخوشه‌ی بهینه را بیابد، بلکه به مرور بهترین سرخوشه را یاد می‌گیرد بدون آگاهی از آنکه کجا یا کی سرخوشه‌های واقعی هستند. در بخش ارزیابی دستاوردها، کاهش ۲۵ الی ۳۰ درصدی در سربار ارتباطی را ناشی از کاهش پیوندهای درون خوشه‌ای می‌داند. همچنین پیمانه‌ی انرژی کل بکار رفته را معرفی و بیانگر تنها سربار ارتباطی می‌داند. دستاوردها کاهش ۲۵ درصدی این پیمانه و افزایش دو برابری نرخ تحویل را نشان می؛ هد. بنابراین روشن است که با کاهش سربار ارتباطی می‌توان مجموع کارکرد انرژی را کاهش داد. این مقاله سرباری ارتباطی اضافی را با انجام یادگیری در یک الگوریتم مسیریابی برپایه‌ی ساختار کاهش داد. البته باید یادآور شد که به وارونه‌ی مقاله‌ی [3] که الگوریتم‌های مختلف را مورد مقایسه قرار می‌دهد، اغلب مقالات این کار را انجام نمی‌دهند.

چالش اصلی پیش روی یک روش یادگیری تقویتی، مثلا Q-Learning، برای مسیریابی انرژی

[1] Blind flooding
[2] Efficient flooding
[3] Global Positioning System
[4] heuristic-based
[5] Passive Clustering

آگاه در لایه‌ی شبکه در WSNs، گام نخست مسیریابی؛ یعنی، بارگذاری آغازین است. این قراردادها میدان پتانسیل را با استفاده از گسیل سیل‌آسا از گره‌ی چاهک به وجود می‌آورند. این روش دو اشکال عمده دارد. نخست آنکه همان طوریکه بحث شد انرژی چشمگیری از شبکه را ویژه‌ی خود خواهد کرد. دوم آنکه با توجه به ماهیت همه‌پخشی رادیویی، هم‌بندی شبکه و پخشایش چگالی گره‌ها، احتمال زیاد برخوردها وجود دارد که این بر بهینگی میدان پتانسیل بسیار تأثیر گذار خواهد بود. کاهش پیوندها، کاهش سرباری، افزایش نرخ تحویل، کاهش انحراف استاندارد انرژی و کاهش انرژی مجموع هزینه شده به شدت با یکدیگر در ارتباط هستند؛ بنابراین انتظار می‌رود با انجام کران‌مندی کارامد بر گام بارگذاری بتوان کارکرد انرژی را کاهش داد.

در این پروژه گام بارگذاری با همه‌پخشی کور انجام می‌شود اما تنها به فاصله‌ی چند گام از مقصد نه در تمام شبکه ادامه می‌یابد. بسته‌های کنترلی علاوه بر پیمانه‌های انرژی ممکن برای یک مسیریابی آگاه از انرژی، حاوی فاصله از چاهک بر حسب گام بوده و در فاصله چند گام از چاهک منتشر می‌شوند. در آغاز گام دوم مسیریابی، از آن جا که هنوز میدان پتانسیل در کل شبکه آماده نشده است؛ ابتدا گره‌های منبع داده را به همه‌پخشی می‌کنند تا بدین سان وابسته به میدان پتانسیل نباشند. بدین سان بسته‌های کنترلی را می‌توان در ترافیک در حال جریان قرار داد و دیگر نیاز به همه‌پخشی مستقل برای گسیل بسته‌های کنترلی نیست. با رسیدن گسیل سیل‌آسای داده از منابع به چندگامی چاهک و قرار گرفتن بسته‌های کنترلی در ترافیک در حال جریان ادامه‌ی مسیر کشف شده است. به بیان دیگر گره‌ها به‌صورت پله‌ای مسیر تقریباً بهینه را با الگوریتم یادگیری پاداشی یاد می‌گیرند. بدین سان هر گره مقدار هزینه‌ی سفر[1] خود را دانسته و میدان پتانسیل بهینه ایجاد می‌شود. تعریف هزینه‌ی سفر بستگی به هدف مسیریابی دارد؛ که اینجا هدف مسیریابی انرژی آگاهی است. به بیان دیگر، این روش هزینه‌ی اضافی بابت یادگیری بیشتر برای حذف گام بارگذاری مسیر و سربار ارتباطی ناشی از آن پرداخت می‌کند؛ اما سوال اصلی مطرح آن است که آیا این روش سرعت همگرایی الگوریتم مسیریابی را نمی‌کاهد به ویژه اگر بخواهیم آن را در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر ساختار مقایسه نماییم؟! آیا کاهش شمار گام در گام بارگذاری یک مبادله‌ی سودآور بین انرژی و سرعت همگرایی الگوریتم خواهد بود؟! قطعا کاهش شمار گام همه‌پخشی آغازین و یادگیری پله‌ای سرعت هگرایی الگوریتم مسیریابی را می‌کاهد. سرعت کم همگرایی در یادگیری میدان پتانسیل (گره‌های همسایه) سبب افزایش کارکرد انرژی خواهد شد به خصوص اگر مسیریابی مبتنی بر ساختار باشد. همچنین

[1] Cost-to-go

می‌دانیم کاهش سرعت همگرایی الگوریتم مسیریابی منجر به کاهش نرخ تحویل داده به ویژه در سناریوهای پویا، افزایش کارکرد انرژی، کاهش بازده‌ی انرژی و کاهش طول عمر شبکه خواهد شد. پس روشن است که باید سرعت یادگیری میدان پتانسیل یا ساختار مسیریابی آغازین را افزایش داد.

برای افزایش سرعت یادگیری در ایده‌ی مطرح شده، از بسته‌های کنترلی اضافی بهره خواهیم جست. بعد از گسیل همه‌پخشی از چاهک و در چندگامی آن، این گستره تقریباً میدان پتانسیل را فرا گرفته است. گره‌هایی که در مرز این حوزه قرار دارند، یک بسته‌ی کنترلی در یک بازه‌ی زمانی معین و در گستره‌ای که هنوز میدان پتانسیل نامعلوم بوده و در یک گامی خود منتشر می‌کنند. بدین سان این حوزه به تدریج تا گره‌های منبع پیشرفت کرده و میدان پتانسیل به طور قابل قبولی شناخته می‌شود. سپس گام دوم مسیریابی آغاز می‌شود؛ اما ابتدا به روش گسیل همه‌پخشی انجام می‌شود تا در صورتی که اگر بخشی از میدان پتانسیل هنوز نامعلوم مانده است، به کمک ترافیک در حال جریان فرا گرفته شود. بدین سان انتظار می‌رود که علاوه بر افزایش سرعت همگرایی به کمک بسته‌های کنترلی اضافی، میدان پتانسیل در تمام جهات هر چه دقیق‌تر، بهینه‌تر و کامل‌تر اما با بسته‌های کنترلی کمتر فرا گرفته شود. از این رو باید شاهد بهبود هر چه بیشتر در نرخ تحویل، کارکرد انرژی، بازده انرژی و طول عمر شبکه به ویژه در الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر ساختار باشیم.

ساختار رساله. ما بقی رساله به شرح زیر سازمان یافته است. فصل ۲ برای خوانندگانی در نظر گرفته شده است که هیچ پیش زمینه‌ی قبلی در حوزه‌ی شبکه‌های حسگر بیسیم ندارند. این فصل به آن‌ها کمک شایانی خواهد کرد تا داده‌های عمومی لازم در این حوزه به ویژه مسیریابی در شبکه‌های حسگر بیسیم را کسب نمایند. در فصل ۳ به مرور نوشته‌های مرتبط با رساله پرداخته شده است. در فصل ٤ اصطلاحات لازم را تعریف و روش پیشنهاد شده در رساله معرفی خواهیم کرد. در فصل ۵ دستاوردهای به دست آمده از شبیه‌سازی‌ها را بحث می‌کنیم. در فصل پایانی، فصل ٦، در عین حالی که چشم‌اندازی برای تحقیقات بعدی خواهیم آورد، رساله را با برداشت از آن پایان می‌بخشیم.

فصل ۲

پیش زمینه‌ی تحقیق

مقدمه

در این فصل ابتدا با کلیات شبکه‌های حسگر و جایگاه آن را در بین شبکه‌های بیسیم آشنا می‌شویم. پس از آن، اجزاء شبکه‌های حسگر بیسیم و پشته‌ی قرارداد در آن به طور مختصر بیان می‌شود. سپس هوش محاسباتی و چالش‌های جدی که این در حوزه‌ی شبکه‌های حسگر بیسیم مورد بحث قرار داده معرفی می‌گردد. در بخش پایانی، شیوه‌ی جامعی را برای طبقه‌بندی قراردادهای مسیریابی در شبکه‌های حسگر بیسیم بیان خواهیم کرد. روی همرفته، هدف از پیش زمینه‌ی تحقیق انجام شده آن است که خواننده علاوه بر آشنایی عمومی با شبکه‌های حسگر بیسیم، توانایی مطالعه، طبقه‌بندی، بررسی و بحث درباره‌ی قراردادهای مسیریابی را در چنین شبکه‌هایی کسب نماید. البته باید خاطر نشان کرد که برای مطالعه بیشتر در هر یک از این مباحث می‌توانید به منابع مختلف از جمله سمینار خود بنده مراجعه فرمایید.

۲-۱ آشنایی با شبکه‌های حسگر بیسیم

فناوری شبکه‌های حسگر[1] یکی از فناوری‌های کلیدی برای آینده است، به‌گونه‌ای که می‌توان آن را پرارزش‌ترین فناوریها برای قرن ۲۱ دانست. یک شبکه‌ی حسگر، ساختاری متشکل از اجزای حس کننده، محاسبه کننده و مخابراتی است که به یک مدیر، اجازه‌ی مشاهده و همچنین عکس‌العمل در برابر رویدادها در ناحیه‌ی مورد نظر را می‌دهد. تجهیزات ارزان قیمت و هوشمند، همراه با چندین

[1] Sensor Networks