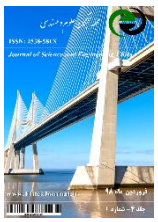
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۴- شماره ۱- سال ۱۳۹۸

www.ElitesJournal.ir



بهبود مسیریابی درشبکه های حسگر بیسیم با استفاده از شبکه های عصبی

محمدکاظم بشکنی[1*]، سجاد اعظمی[2]

۱- کارشناسی مهندسی کامپیوتر، موسسه آموزش عالی حکیم نظامی قوچان

۲- دانشجوی دکترای برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

* Mohammad_beshkani@yahoo.com

ارسال: بهمن ماه ۹۷ پذیرش: فروردین ماه ۹۸

چکیده

امروزه، در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی از طریق تقسیم گره‌های همسایه به خوشه‌های مجزا و انتخاب سرخوشه‌های محلی برای ترکیب و ارسال اطلاعات هر خوشه به ایستگاه مبنا و سعی در مصرف متوازن انرژی توسط گره‌های شبکه، بهترین کارایی را از لحاظ افزایش طول عمر و حفظ پوشش شبکه‌ای در مقایسه با سایر روش‌های مسیریابی به دست می‌آورند. در این تحقیق، یک پروتکل جدید خوشه‌بندی متمرکز مبتنی بر انرژی با استفاده از شبکهٔ عصبی نقشهٔ خودسازماندهی برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارایه می‌شود که قادر به خوشه‌بندی گره‌های شبکه بر اساس سطح انرژی و مختصات گره‌ها می‌باشد. این پروتکل با استفاده از تعداد مشخصی از گره‌های پرانرژی در شبکه و اعمال آن‌ها به عنوان وزن نورون‌های نقشهٔ خودسازماندهی، نزدیک‌ترین گره‌های کم‌انرژی را جذب گره‌های پرانرژی می‌کند؛ به طوری که خوشه‌ها لزوماً از گره‌های مجاور تشکیل نشده و در واقع براساس دو پارامتر سطح انرژی و همسایگی، خوشه‌هایی با انرژی متوازن تشکیل خواهند شد. به علاوه یک تابع هزینه جدید به منظور تصمیم‌گیری در انتخاب گره‌های سرخوشه، پیشنهاد شده است که سعی در ترکیب معیارهای مختلف موثر در انتخاب بر اساس میزان اهمیت آن‌ها دارد.

کلمات کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، شبکه عصبی خوشه بندی،مسیریابی،بهینه سازی،خودسازماندهی،کاهش مصرف انرژی.

۱- مقدمه

در اغلب کاربردها، گره‌های حسگر از نظر منبع انرژی با محدودیت مواجه هستند. بنابراین نیاز به روش‌های ابتکاری برای برطرف نمودن اتلاف انرژی که موجب کوتاه شدن طول عمر شبکه‌های حسگر می‌گردد، کاملاً احساس می‌گردد. این محدودیت‌ها به همراه زیاد بودن تعداد گره‌های حسگر باعث چالش‌های بسیاری در طراحی و مدیریت شبکه‌های حسگر بی‌سیم و لزوم آگاهی از انرژی در همه لایه‌های پشته پروتکل شبکه‌ای شده است. برای مثال، در لایه شبکه، به شدت به یافتن روش‌هایی نیاز داریم که با بهره‌وری در مصرف انرژی، کشف مسیر انجام داده و داده‌ها را از گره‌های حسگر به ایستگاه مبنا انتقال دهند. به دلیل اهمیت مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم و حجم قابل توجهی از مقالات و تحقیقات در این زمینه، در این فصل دقیقاً به مسالهٔ

مسیریابی (و نه به سایر لایه‌های پشته شبکه) پرداخته شده و سپس نقش شبکهٔ عصبی (نقشهٔ خودسازماندهی) در مسیریابی آگاه از انرژی از طریق مرور مقالات تحقیقاتی مرتبط، مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین دو پروتکل مسیریابی خوشه‌بندی LEACH و LEA2C به دلیل اهمیت و ارتباط مستقیم با کار جدید ارایه شده در این پایان‌نامه بطور اختصاصی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۲- پیشینه پژوهش

در راستای کاهش مصرف انرژی و بهبود مسیریابی با استفاده از شبکه‌های عصبی سئوالات زیر مطرح است:

- چه دلایلی برای اتلاف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم وجود دارد؟
- چه روش‌ها(طرح‌ها)یی برای بهبود مسیریابی در شبکه‌های حسگر وجود دارد؟
- بین مسیریابی و کارایی شبکه‌های حسگر چگونه می‌توان مصالحه‌ای برقرار کرد؟
- در چه کاربردهایی مسیریابی در شبکه حسگر حائز اهمیت است؟
- میزان تاثیر به‌کارگیری شبکه‌های عصبی در روش‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی‌سیم تا چه اندازه است؟
- اصلی‌ترین هدف این تحقیق بهبود مسیریابی و کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم است که در راستای رسیدن به آن، اهداف زیر دنبال خواهد شد.
- ارایه الگوریتمی بهینه‌تر برای مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از قابلیت‌های شبکه‌های عصبی
- افزایش طول عمر شبکه حسگر بی‌سیم
- حفظ حداکثر پوشش شبکه‌ای در طول عمر شبکه حسگر

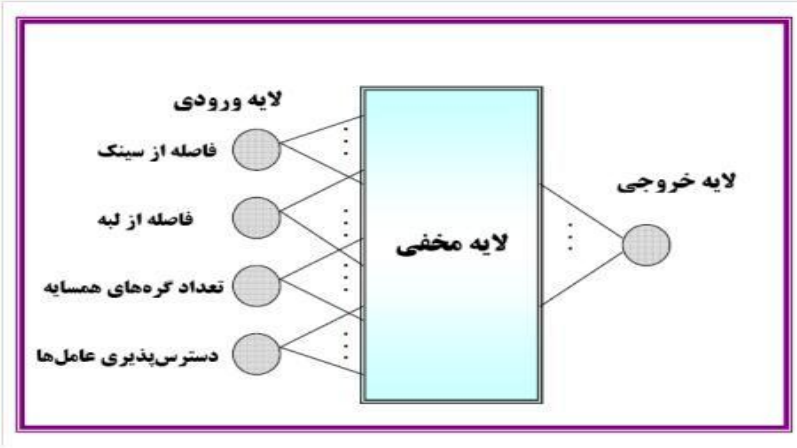
۳- ویژگیهای مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم

مسیریابی در شبکه‌های حسگر به دلیل ویژگی‌های ذاتی این نوع شبکه‌ها که وجه تمایز آن از شبکه‌های بی‌سیم دیگر نظیر شبکه‌های اقتضایی موبایل یا شبکه‌های سلولی است، بسیار چالش بر انگیز است. اولین ویژگی این است که به دلیل تعداد زیاد گره‌های حسگر، ساخت یک طرح آدرس‌دهی برای قرارگیری تعداد زیاد گره‌های حسگر امکان‌پذیر نیست، چرا که سربار نگهداری ID بسیار بالا است. بنابراین، پروتکل‌های مبتنی بر IP سنتی قابل اعمال بر شبکه‌های حسگر بی‌سیم نیستند. به علاوه گره‌های حسگری که به روشی اقتضایی(آدهوک) قرار می‌گیرند، باید خودسازمانده باشند. زیرا قرارگیری آدهوک این گره‌ها نیازمند سیستم‌هایی است که ارتباطات را برقرار کرده و برآیند توزیع گره‌ای را مدیریت کنند، مخصوصاً به دلیل آنکه عملیات شبکه حسگر بدون نظارت باید انجام شوند. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، گاهی اوقات گرفتن داده مهمتر از دانستن ID داده‌هایی است که باید ارسال شوند. دوم اینکه برخلاف شبکه‌های ارتباطی معمول، تقریباً همه کاربردهای شبکه‌های حسگر نیازمند انتقال داده‌های حس شده از منابع متعدد به یک ایستگاه پایهٔ خاص هستند. اگرچه این ویژگی مانع از جریان داده به اشکال دیگر نمی‌گردد(مثلا ارسال داده‌ها به صورت چندپخشی یا نقطه به نقطه). سوم، گره‌های حسگر از نظر قابلیت انرژی، پردازشی و ذخیره‌سازی به شدت با محدودیت مواجه هستند. بنابراین، به مدیریت دقیق منابع نیاز دارند. چهارم، در اغلب سناریوهای کاربردی، گره‌های شبکه حسگر، به استثنای بعضی از گره‌های حسگر متحرک، معمولاً بعد از قرارگیری ثابت هستند. لیکن در سایر شبکه‌های بی‌سیم سنتی، گره‌ها آزادی حرکت دارند و بنابراین توپولوژی این شبکه‌ها به طور مکرر و غیر قابل پیش‌بینی در حال تغییر است. اگر چه در برخی از کاربردها، برخی از گره‌های حسگر ممکن است امکان حرکت کردن داشته و محل خود را (اگرچه با قابلیت تحرک پایین) تغییر دهند. پنجم، شبکه‌های حسگر، کاربردگرا هستند (یعنی نیازمندی‌های طراحی شبکه حسگر بر اساس کاربرد مورد نظر تغییر می‌کند). برای مثال، مساله چالش‌برانگیز دیده‌بانی جنگی که باید به طور دقیق و با تاخیر اندک

انجام گیرد با مسالهٔ پایش دوره‌ای آب وهوا متفاوت است. ششم، آگاهی وضعیتی گره‌های حسگر حائز اهمیت است، زیرا جمع‌آوری داده معمولاً بر مبنای مکان است. این آگاهی وضعیتی ممکن است از طریق داشتن GPS برآورده گردد، البته داشتن روش‌های مستقل از GPS نیز برای مسالهٔ مکان‌یابی در شبکه‌های حسگر امکان‌پذیر است. در نهایت، داده‌های جمع‌آوری شده توسط بسیاری از گره‌های حسگر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم معمولاً مربوط به پدیده‌ی واحدی هستند، بنابراین امکان وجود افزونگی در این داده‌ها بسیار زیاد است. این افزونگی باید توسط پروتکل‌های مسیریابی برای افزایش استفاده از انرژی و پهنای باند، استخراج گردد. معمولاً شبکه‌های حسگر بی‌سیم، داده محور هستند چرا که داده‌ها بر اساس ویژگی‌های معینی درخواست داده می‌شوند (یعنی آدرس‌دهی مبتنی بر ویژگی). یک آدرس مبتنی بر ویژگی، مرکب از یک مجموعه پرس‌وجوی جفت ویژگی- مقدار است [۲].

۴- شبکه عصبی انتشار معکوس در کشف مسیر

معمولا در صورتی که یک گره حسگرِ مستقل از همهٔ توان خود استفاده کند لیکن میزان قابل توجهی از انرژی بقیهٔ گره‌ها باقی مانده باشد، طول عمر شبکه پایان می‌یابد. گرهی که در مسیر گره‌های دیگر و ایستگاه مبنا قرار داد، نقطه داغ۱(نقطه بحرانی) نامیده می‌شود. به منظور پیش‌بینی نقاط بحرانی در یک شبکه حسگر بی‌سیم، در مجموعه‌ای از ویژگی‌های هر حسگر به عنوان ورودی‌های شبکهٔ عصبی انتشار معکوس۲ سه لایه استفاده شده‌اند. این ویژگی‌ها به یک گرهٔ حسگر بی‌سیم تعلق داشته و استفاده از آن‌ها به عنوان ورودی‌های شبکهٔ عصبی، می‌تواند سطح انرژی حسگر را در پایان طول عمر شبکهٔ حسگر بی‌سیم پیش‌بینی کند.آنگاه نقاط بحرانی پیش‌بینی شده در کشف مسیر مبتنی بر عامل و مدیریت وظایف به کار گرفته می‌شوند(شکل ۱).



شکل ۱- شبکه عصبی انتشار معکوس برای پیش‌بینی مقدار نهایی انرژی گره [۴]

۵- شبکه عصبی نقشه خودسازماندهی در مسیریابی

امروزه شبکه‌های عصبی در همه جنبه‌های کاهش مصرف انرژی شبکه‌های حسگر نقش دارند. کاهش ابعاد داده که به سادگی از الگوریتم‌های خوشه‌بندی شبکه‌های عصبی به دست می‌آید منجر به هزینه‌های ارتباطی کمتر و ذخایر انرژی بیشتری می‌شود [۱]. نقشهٔ خودسازماندهی (SOM) یک شبکهٔ عصبی بدون نظارت است که از نورون‌های عصبی در یک ساختار گرید منظم با ابعاد پایین تشکیل شده است. هر نورون دارای یک بردار وزن n بعدی است که در آن n برابر با ابعاد بردارهای ورودی است. بردارهای وزن(سیناپس‌ها) لایهٔ ورودی را به لایهٔ خروجی(که نقشه یا لایهٔ رقابتی نامیده می‌شود) متصل می‌کنند شکل۲. نورون‌ها

توسط یک تابع همسایگی به یکدیگر متصل شده‌اند . هر بردار ورودی، بر اساس بیشترین شباهت، نورونی در لایهٔ خروجی را که سلول برنده خوانده می‌شود، فعال می‌کند. شباهت معمولاً بر اساس فاصلهٔ اقلیدسی بین دو بردار اندازه‌گیری می‌شود.

شکل۲- ساختار شبکه عصبی نقشهٔ خود سازماندهی[۳]

۶- پروتکلهای مسیریابی مبتنی بر نقشه خودسازماندهی

کاربردهای مختلفی برای شبکه‌های عصبی نقشهٔ خودسازماندهی(SOM) در مسیریابی شبکه‌های حسگر بی‌سیم مطرح شده‌اند. این کاربردها را می‌توان به چهار دستهٔ کلی تقسیم نمود[۵]:

- استفاده از SOM در کشف مسیر
- استفاده از SOM در اجتماع /ترکیب داده‌های حسگر
- استفاده از SOM در انتخاب سرخوشه‌ها
- استفاده از SOM در خوشه‌بندی گره‌های حسگر

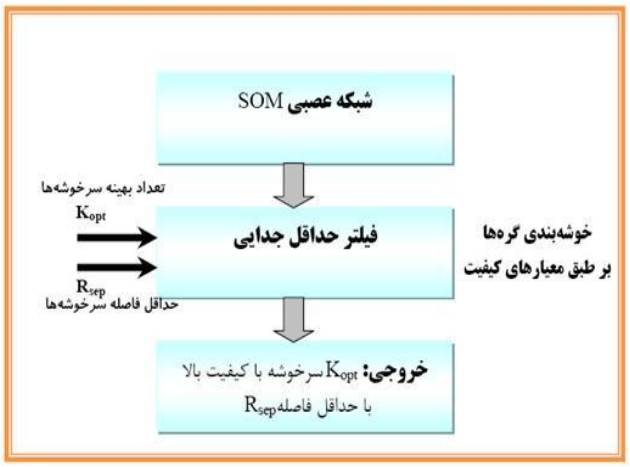
۷- نقشه خودسازماندهی در کشف مسیر

محققان در روش جدیدی برای مسیریابی آگاه از انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیشنهاد دادند که در آن هر گرهٔ بی‌سیم از یک شبکهٔ عصبی نقشهٔ خودسازماندهی برای تصمیم‌گیری در مورد گرفتن بسته داده و شرکت در مسیریابی یا انصراف از مسیریابی استفاده می‌کند. فرض این مقاله آن است که هر گره، به دلیل نقش آن در مسیریابی دارای اهمیتی است. به طوری که گره‌هایی که به دلیل موقعیت (محل قرارگیری) خود بیش از سایر گره‌ها در مسیریابی استفاده می‌شوند، دارای اهمیت بیشتری هستند. آن‌ها یک پارامتر طول عمر شبکه۱ را تعریف کردند که حاصل جمع اهمیت گره‌ها در مسیریابی در زمان t و معکوس میزان مصرف انرژی گره در مسیریابی است. به محض رسیدن بسته داده، بردار مشخصهٔ آن استخراج شده و به شبکهٔ عصبی خودسازمانده آن گره داده می‌شود. اگر گرهٔ مذکور در رقابت با گره‌های دیگر برنده شود، مجاز به ارسال بسته و شرکت در مسیریابی است. در غیر این‌صورت باید بسته را رها کند. SIR پروتکل مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس دیگری است که در هر گره حسگر از یک شبکهٔ عصبی SOM برای کشف مسیری که باید دنبال شود استفاده می‌کند.

۸- نقشه خودسازماندهی در انتخاب گره سرخوشه

به منظور پردازش درون شبکه‌ای و ترکیب داده‌های به دست آمده از گره‌های مختلف یک خوشه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم از شبکهٔ عصبی نقشهٔ خودسازماندهی استفاده نمودند. این شبکه عصبی به منظور کاهش و دسته‌بندی الگوهای مشابه در هر گره سرخوشه استفاده شده است. همچنین در از شبکه عصبی نقشهٔ خودسازماندهی برای رده‌بندی محیط استفاده شده است. یک پروتکل مسیریابی مشابه LEACH پیشنهاد دادند که در آن انتخاب سرخوشه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی نقشهٔ

خودسازمندهی صورت می‌گیرد. ورودی‌های SOM، پارامترهای مورد نظر برای سرخوشه‌ها هستند. این پارامترها عبارتند از انرژی باقیماندهٔ گره، مرکزیت(حاصل‌جمع/میانگین فاصله گره تا گره‌های مجاور)، تراکم(تعداد گره‌های همسایهٔ گره) و تعداد دفعات سرخوشه شدن. شبکهٔ عصبی خودسازمانده به کار گرفته شده، گره‌های ورودی را بر اساس کیفیت سرخوشه‌شدن آن‌ها دسته‌بندی می‌کند. البته فیلتری بنام فیلتر حداقل جدایی(افتراق) باید بر خروجی SOM اعمال گردد. این فیلتر در واقع تضمین خواهد کرد که تنها تعداد بهینهٔ k سرخوشه‌ای انتخاب شوند که دارای حداقل فاصله مورد نظر از یکدیگر(Rsep) باشند و به این ترتیب از تجمع سرخوشه‌ها در ناحیه‌ای خاص جلوگیری می‌کند[۷]. نتایج این الگوریتم ۵۷ درصد کارایی بهتری نسبت به LEACH از خود نشان می‌دهد (شکل۳).



شکل۳- مراحل الگوریتم پیشنهادی[۷]

۹- نقشه خودسازماندهی در خوشه بندی گره ها

از شبکه عصبی نقشه خودسازماندهی برای خوشه‌بندی و آنالیز استفاده نمودند تا بدین وسیله بتوانند رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی پارامترهای شبکه و کاربردهای آن‌ها را مورد مطالعه قرار دهند. آن‌ها خوشه‌بندی گره‌های حسگر را با استفاده از نقشهٔ خودسازماندهی کوهونن(KSOM) برای تعداد مختلفی از گره‌ها و با گرفتن پارامترهای مختلف گرهٔ حسگر نظیر جهت، تعداد پرش‌ها، سطوح انرژی، میزان حساسیت، تاخیر و غیره محاسبه نمودند. یکی دیگر از کاربردهای مهم نقشهٔ خودسازماندهی در خوشه‌بندی گره‌های حسگر در پروتکل LEA2C بوده پیشنهاد شده است.

۱۰- پروتکل خوشه بندی پیوندگرا وفقی با انرژی پایین

خوشه‌بندی پیوندگرا وفقی با انرژی پایین (LEA2C) ، پروتکلی مبتنی بر LEACH-C است که در آن مرحله تشکیل خوشه‌ها بصورت متمرکز و توسط ایستگاه مبنا به روشی مشابه با LEACH-C صورت می‌گیرد. LEA2C از روش خوشه‌بندی دو مرحله‌ای SOM و K-means استفاده می‌کند. ورودی‌های SOM، مختصات گره‌های حسگر در فضای شبکه هستند. LEA2C آموزش پیوندگرا را از طریق به حداقل رساندن فاصله بین نمونه‌های ورودی (مختصات گره‌های حسگر) و نمونه‌های اولیه نقشه (ارجاع‌ها) که توسط تابع همسایگی خاصی وزن‌دهی شده‌اند، اعمال می‌کند. بعد از مرحلهٔ خوشه‌بندی، سرخوشه‌های هر خوشه بر اساس یکی از سه شرط انتخاب می‌شوند: گرهٔ دارای بیشترین سطح انرژی، نزدیک‌ترین گره به ایستگاه مبنا و نزدیک‌ترین گره به مرکز ثقل خوشه.آنگاه مرحله انتقال داده شروع می‌شود و گره‌های عادی بسته‌های خود را به سرخوشه‌ها مربوطه ارسال می‌کنند و سرخوشه‌ها پس از مجتمع کردن داده‌های دریافتی آن‌ها را در قالب یک بسته به ایستگاه مبنا انتقال می‌دهند. در حالتی که از معیارِ گرهٔ دارای بیشترین انرژی برای انتخاب سرخوشه استفاده شده باشد، پروتکل، بعد از هر مرحله

انتقال، نقش سرخوشه را به گرهٔ دیگری واگذار خواهد کرد. مرحله انتقال تا زمان رخداد اولین مرگ گره‌های شبکه ادامه خواهد یافت. بعد از رخ دادن اولین مرگ، مرحله خوشه‌بندی مجدد آغاز شده و مراحل قبلی تکرار خواهند شد. نتایج شبیه‌سازی، برتری LEA2C را بر پروتکل مبتنی بر LEACH دیگر بنام EECS به اثبات رسانده است. این برتری برحسب افزایش ۵۰ درصدی در طول عمر شبکه و حفظ پوشش شبکه‌ای در طول ۹۰ درصد عمر شبکه می‌باشد[۶].

۱۰- نتیجه‌گیری

امروزه شبکه‌های عصبی به عنوان ابزاری کارامد در کلیه زمینه‌های کاهش مصرف انرژی شامل چرخهٔ وظایف، روش‌های داده‌گرا و روش‌های مبتنی بر قابلیت تحرک چنانچه گفته شد، کاربرد دارند. شبکه‌های عصبی با توانایی بی‌مانند خود در پیش‌بینی، رده‌بندی، شناسایی و ترکیب داده‌های حسگر با رفع چالش‌های موجود می‌توانند اثر قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم و افزایش طول عمر عملیاتی آن‌ها ایفا کنند. به دلیل ویژگی‌های ذاتی شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مسالهٔ مسیریابی آگاه از انرژی در آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. از موثرترین و پرکاربردترین روش‌های مسیریابی، روش‌های مبتنی بر خوشه‌بندی بوده‌اند. شبکه‌های عصبی، خصوصاً شبکه‌های عصبی نقشهٔ خودسازماندهی، می‌توانند نقش موثری در الگوریتم‌های خوشه‌بندی آگاه از انرژی داشته و طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهند.

۱۱- مراجع

1. Abdel-Aty-Zohdy, H.S. and Ewing R.L. (2000) 'Intelligent Information Processing Using Neural Networks and Genetic Algorithms', In: Proc. 43rd Midwest Symp. Circuits and Systems, Aug, pp. 840-845.

2. Al-karaki J.N, Kamal A.E. (2004) 'Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey', In: IEEE Wireless Communication, pp.6-28.

3. Anastasi G, Conti M, Passarella A. (2009) 'Energy Conservation in Wireless Sensor Networks: a survey', In: Ad Hoc Networks, volume 7, Issue 3, Elsevier; pp.537-568.

4. Aslam N, Philips W, Robertson W, Siva Kumar SH. (2010) 'A multi-criterion optimization technique for energy efficient cluster formation in Wireless Sensor networks', In: Information Fusion, Elsevier

5. Barbancho J, Leon C, Molina F.J, Barbancho A. (2007) 'Using artificial intelligence in routing scheme for wireless networks', In: Computer Communications 30, Elsevier, pp. 2802-2811.

6. Buchberger M, Jorg K.W, and von Puttkamer E. (1993) 'Laser Radarand Sonar Based World Modelling and Motion Control for Fast Obstacle Avoidance of the Autonomous Mobile Robot MOBOTIV' , In: Proc. IEEE Int'l Conf. Robotics and Automation, pp. 534-539.

7. Ash T. (1989) 'Dynamic Node Creation in Back propagation Networks', technical report, Inst. for Cognitive Science, Univ. of California, San Diego