

برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا:

مفاهیم فناوری، دامنه هدف و مسائل باز

چکیده

انقلاب مداوم اینترنت اشیا (IoT)، همراه با رشد انتشار روبات ها در فعالیت های بسیاری از زندگی روزمره، باعث می شود برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا یک واقعیت ملموس از آینده ی ما باشد. بر این اساس، خدمات جدید پیشرفته، براساس فعل و انفعال بین روبات ها و "اشیا"، تصور کمک به انسان را پیشرو دارد. با این وجود، در مسیر توسعه ی برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا نیاز به حل چندین مسائلی محوری می باشد، روش های طراحی به تثبیت برسند، و گزینه های قوی معماری به بحث گذاشته شوند. این مقاله به بررسی مفاهیم فناوری، مسائل باز، و برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا می پردازد. به طور خاص، در حال حاضر همکاری شامل چهار جنبه است. اول، حالت خالصی از هنر در موضوعات اصلی مربوط به اینترنت اشیا به کمک خدمات رباتیک را فراهم می کند: شبکه های ارتباطی، برنامه های کاربردی رباتیک در محیط های توزیع و فراگیر، روش معناگرا به اجماع و امنیت شبکه. دوم، با برجسته ترین چالش های مهم تحقیقات روبرو می شود. سوم، ابزار های فناوری موجود در حال حاضر را توصیف می کند. چهارم، درس های آموخته شده به منظور بررسی ترویج مشترک علمی در میان تیم های تحقیقاتی با مهارت های مکمل را خلاصه می کند.

کلمات کلیدی: اینترنت اشیا، روبات ها، نرم افزار، رباتیک، امنیت اینترنت اشیا، اجماع معنایی

علامت های اختصاری

AMI	محیط هوشمند
HRI	انسان - ربات-رابط
IoT	اینترنت اشیا
LLN	شبکه با توان و تلفات کم
M2M	ماشین به ماشین
MIOT	اینترنت اشیا نظامی
RFID	شناسایی فرکانس رادیویی
WSN	شبکه حسگر بی سیم
WBAN	شبکه های بی سیم در ارتباط با بدن
UGV	وسيله‌ی بدون سرنشین زمینی
USV	وسيله‌ی بدون سرنشین سطحی
UUV	وسيله‌ی بدون سرنشین زیر آب
UAV	وسيله‌ی بدون سرنشین هوایی
MAS	سیستم های چند عاملی
DAI	هوش مصنوعی توزیع شده

1. معرفی

تعدادی از دستگاه های درگیر در ارتباطات ماشین به ماشین (M2M) انتظار می رود که به طور پیوسته تا سال 2020 رشد کند. در آن زمان، تعداد اشیاء هوشمند که قادر به صحبت کردن با یکدیگر هستند و با انسا کار می کنند باید حدود 50 میلیارد باشد، در نتیجه مقیاس اینترنت [1] - [17] و تحقق انقلاب با اینترنت اشیا (IoT) نام گذاری می شود، که در آن یکی از اهداف اصلی اعلام شده " اتصال به همه چیز و همه کس در همه جا و به همه چیز و هر کس دیگری " است [4] [16]. از سوی دیگر، روبات، نقش مهمی در جامعه فردا بازی خواهد کرد، در ادامه کمک به انسان در انجام بسیاری از وظایف، عملیات کمکی به مونتاژ صنعتی، سیستم های مدیریت امداد و نجات با حمایت نظامی، مراقبت های بهداشتی با سیستم اتوماسیون [6]، [12] - [18].

روند تحقیق و کاربرد منجر به ظهور اینترنت روبات ها [19]، و به برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا شده است. هدف این مقاله، بررسی برخی از پیامد های تکنولوژیکی خود، مسائل باز، و هدف حوزه مستلزم است.

به نظر ما، برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا بر اکوسیستم های دیجیتال رشد خواهد کرد که در آن انسان، روبات ها و گره اینترنت اشیا بر اساس یک تعاونی تداخل می کنند. در این چارچوب، بازیگران درگیر باید در توافق مستقل اصول ارتباطات امن آزاد باشند، بر اساس معنای اطلاعات آنها می خواهند تغییر کنند و قصد ارائه/ دسترسی به تبادل خدمات آنها داشته باشند. بدین ترتیب، زمینه های تحقیقاتی مربوط به برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا از محدوده ی فن آوری های ارتباطی به خدمات معنایی گرا، از تئوری اجماع به طراحی پروتکل، از طراحی نرم افزار به محور اطلاعات شبکه، از امنیت به هرچیزی که برای ساخت یک هوشمند مفید، فراگیر و محیط امن است، قابل تغییر است.

با شروع از این محل، و با اشاره به برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا، جایگاه این مقاله این چنین است:

پیش بینی سناریو های ممکن.

برجسته کردن نیاز به یک تعریف از مفاهیم کلیدی در امنیت، حفظ حریم خصوصی و اعتماد.

توصیف مزایا و معایب ارتباطات در حال حاضر اینترنت اشیا در سیستم [2]، و تلاش برای روش های جدید فراتر از چشم انداز میزبان محور [7].

روش های خود ساخته بر مبنای استراتژی اجماع معنایی به یک نقطه محوری تبدیل می شوند؛

خلاصه ای قابل تحسین با اشاره خاص به مباحث زیر فراهم می کند: شبکه های ارتباطی، امنیت شبکه، برنامه

های کاربردی رباتیک در محیط های توزیع و فراگیر، طراحی سیستم معناگرا، و پروتکل توافقی بر اساس معنا.

به نظر ما، درس های آموخته شده از این مقاله ممکن است در تکمیل تحقیقات بسیاری از جوامع علمی کمک کند، که در حال حاضر بر روی جنبه های مختلف برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا کار می کنند.

ادامه ی مقاله به شرح زیر است: در بخش 2، یک مرور کلی از برنامه های کاربردی پیش بینی شده خواهیم داشت.

در بخش 3، تحقیقات گذشته و پیشرفت های هدف در تمام زمینه های مرتبط از طریق بررسی کار های گذشته

انجام خواهد شد. امکان سنجی از راه حل های آینده در بخش 4 بحث شده است. که ویژگی های اصلی از روبات

های تجاری در دسترس را خلاصه می کند. در ن هایت، بخش 5 بحث را ادامه داده و درس های آموخته شده را

نشان می دهد.

2. پیش بینی برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا

هر دوی برنامه های کاربردی رباتیک و مبتنی بر اینترنت اشیا با موفقیت در چندین سناریو اعمال شده اند. با این وجود، کار کمی در تعامل بین این دو رشته در تحقیقات شده است.

بسیاری از ربات های مدرن، در واقع، با سنجش، محاسبات مجهز و قابلیت های ارتباطی، قادر به اجرای پیچیده و هماهنگ عملیات هستند. در واقع، این ویژگی ها به طور موثری توسط اینترنت اشیا برای انجام نیازمندی های مورد نیاز توسط برنامه های کاربردی پیشرفته و مطرح در محیط های فراگیر و توزیع شده به کار برده می شود. این ها مواردی هستند که در آن هدف، به تصرف در آوردن بزرگترین و وسیع ترین اطلاعات در فضای عملیاتی، به منظور تعامل اطلاعات فشرده در میان بازیگران آن است. از دید ما، چند نهاد باید آثار ربات را کامل کند، مانند اشیا هوشمند، سنسورها، سرورها، و دستگاه های شبکه از هر نوع، که از طریق زیر ساخت های شبکه ی پیچیده و ناهمگن به هم متصل شده اند. این اهداف چالشی را می توان با بهره برداری از شبکه ی مترکم اینترنت اشیا بدست آورد، دستگاه هایی که به طور مداوم با انسان، روبات ها و محیط زیست در تعامل هستند.

چارچوب کاربردی از بحث قبلی در شکل 1 نشان داده شده است، که در آن اشیاء و ربات با همکاری برای رسیدن به یک هدف مشترک طراحی شده اند.

در ادامه ی این بخش، انواع مختلفی از برنامه های کاربردی، با توجه به [4] و [20]، طبق بندی شده اند: مانند مراقبت های بهداشتی، صنعتی و ساخت و ساز، نظامی و مدیریت امداد و نجات. برای هر یک از آنها، خلاصه ای از ویژگی ها و قابلیت های پشتیبانی شده توسط هر دوی اینترنت اشیا و یا سیستم های رباتیک، به عنوان فن آوری جداگانه ارائه شده است. علاوه بر این، راه حل پیشنهادی رباتیک به کمک اینترنت اشیا (مربوط به آینده) توصیف شده است.

2.1. برنامه های کاربردی بهداشتی درمانی

استفاده از فن آوری اینترنت اشیا در مراقبت های بهداشتی. پارادایم اینترنت اشیا عمدتاً در حوزه ی بهداشت و درمان برای رسیدگی و نظارت از راه دور بیماران، کنترل مواد مخدر، و ردیابی پرسنل پزشکی و تجهیزات پزشکی [21] مورد استفاده قرار می گیرد.

در اغلب موارد، شبکه های حسگر بی سیم روی بدن (WBANS) در حمایت از عملیات نظارت بر بیمار استفاده می شود. WBAN متشکل از چند گره مجهز با سنسور های فیزیولوژیکی (ECG، اکسیمتری، درجه حرارت بدن و غیره) برای جمع آوری سیگنال های بیولوژیکی از بدن انسان است. این اندازه گیری ها پس از آن به یک دستگاه بدن که برای جمع آوری و نمایش داده ها استفاده می شود [21] تحویل داده می شود.

امکان اتصال دستگاه های مانیتورینگ بیمار به اینترنت از برنامه های کاربردی موبایل بهداشت و درمان (M-بهداشت) مورد علاقه است. سیستم بهداشت، پرستاران و پزشکان قادر به نظارت بر وضعیت سلامتی بیمارانی هستند که در خانه می مانند [22] [23] و برای برنامه ریزی و مداخلات در شرایط اضطراری به کار برده می شوند. این سیستم ها می توانند با استفاده از معماری متمرکز، یا یک سرور واحد جمع آوری [24، 25، 22]، و یا در یک راه توزیع شده، استفاده از پارادایم های نظیر به نظیر مسقر شوند [26].

اینترنت اشیا نیز برای انجام خدمات ردیابی در محیط های مراقبت بهداشتی استفاده می شود. برای این هدف، فن آوری تشخیص فرکانس رادیویی (RFID) برای فعال کردن ردیابی شی و مردم کافی است [27] - [29].

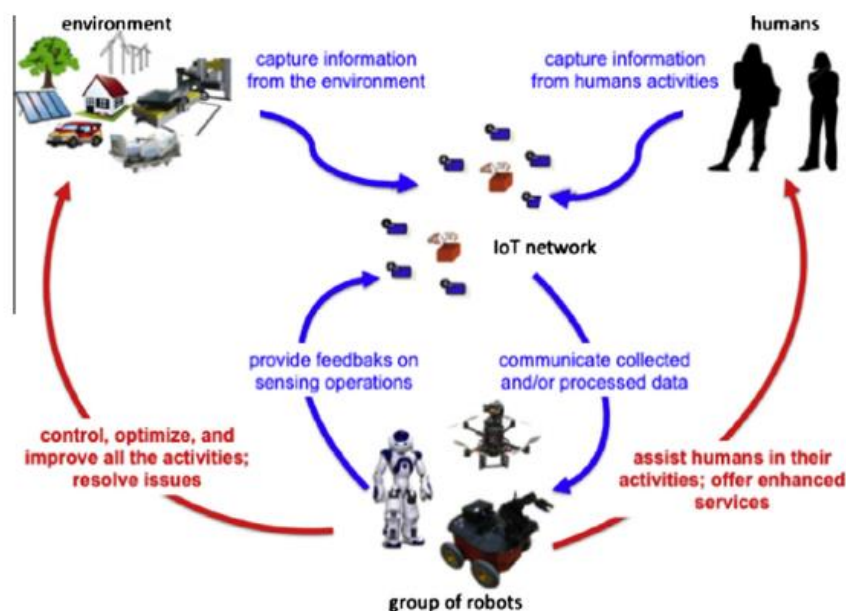
در ن هایت، در آینده، ممکن است از دستگاه های اینترنت اشیا که مسئولیت رسیدگی به تجویز داروها به بیماران را دارند و برای نظارت بر تاثیر آن استفاده شود. تاکنون، تلاش اولیه در این راستا در [30] انجام شده است، که در آن پارادایم اینترنت اشیا برای یک سیستم اداره مواد مخدر برای تشخیص واکنش دارو های نامطلوب، مضر، مواد جانبی دارویی، آلرژی، عوارض و موارد منع مصرف مرتبط با نقص کبد و کلیه، مضرات جانبی دوران بارداری یا شیردهی و غیره به کار برده شده است.

استفاده از روبات در مراقبت های بهداشتی. ایده های تکیه بر روبات ها در پزشکی و مسائل مربوط به مراقبت های بهداشتی به طور گسترده ای در کار های پیشین [31] - [34] در نظر گرفته شده است.

یکی از زمینه های تحقیقاتی فعال در این زمینه، رباتیک توانبخشی است [35]، که در آن ربات ها به منظور ارتقاء سیستم درمانی، بازبانی بهبود عملکرد موجود و ارزیابی بیماران مبتلا به اختلال شناختی و یا مهارت های شناختی استفاده می شوند.

در زمینه فن آوری برای سیستم های توانبخشی رباتیک، یکی از موضوعات داغ تحقیقاتی، طراحی مکانیکی [36] برای توسعه ای رابط انسان و ربات (HRI) به منظور بهبود وظایف حرکتی است [37]. علاوه بر این، سیستم های

رباتیک برای کمک به توانبخشی فیزیکی توسعه یافته است. یکی از نمونه های مربوط، سیستم ACT3D برای درمان و اندازه گیری جفت گشتاور مفصل غیر طبیعی در بازماندگان سکته مغزی مزمن است [38]. سیستم های اخیر بیشتر BioMotionBot هستند، که در برنامه های کاربردی احیا و یادگیری پویا و در عملکرد طبیعی وظایف جنبش سه بعدی استفاده می شوند [39].



شکل 1: یک سناریوی مرجع جهانی برای برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا.

از دیگر حوزه های پژوهش مرتبط به رباتیک [40]، توسعه ی راه حل های رباتیک برای ترویج دادن زندگی مستقل از افراد غیر فعال و مسن است [41]. ربات های کمکی قابلیت استفاده ی مادام العمر در حالات زندگی واقعی را دارند. ب هاین ترتیب، کاربران هایی باید ترجیحات ذهنی خود را با به حداکثر رساندن پذیرش آنها بالا ببرد. بسیاری از محققان بر روی یکپارچه سازی ربات در محیط های کمکی [42] تمرکز داشته اند، و محدودیت های خاصی را برای HRI در برنامه های کاربردی کمکی طراحی کرده اند [43]. اخیراً، طراحی، توسعه و آزمون رباتیک کمکی در دنیای واقعی، متشکل از ربات هوشمند یکپارچه (Ami) ارائه شده است [44].

برنامه های کاربردی رباتیک ممکن به کمک اینترنت اشیا در مراقبت های بهداشتی. همان طور که قبلاً گفته شد، در حوزه ی بهداشت و درمان، روبات ها به طور عمده جهت توانبخشی و کمک به بیماران استفاده می شوند. با این حال، سناریو های مراقبت های بهداشتی در حال تحول هستند و در آیند های نزدیک یک بیمار ممکن است بخشی از یک سیستم فیزیکی سایبر باشد که در آن یک مقدار عظیمی از اطلاعات توسط تجهیزات ناهمگن تولید

می‌شود (از جمله تولید تجهیزات پزشکی، سیستم نظارت محلی و از راه دور، سنسور بدن و اشیاء هوشمند). چنین غنای اطلاعاتی ممکن است دامنه‌ی گسترش وظایف رباتیک را از برنامه‌های فعلی فراتر کند. به‌طور کلی، استقلال به دست آمده توسط ربات، آن را به وسیله‌های موثر برای لجستیک و ردیابی اهداف قرار داده است [45]. این ویژگی‌ها ممکن است در حوزه‌ی بهداشت و درمان برای حمایت از فعالیت‌های مختلف در محیط‌های پزشکی موثر باشند.

نظارت و ردیابی عملیات در یک بیمارستان، برای مثال، منجر به حضور یک شبکه‌ی مویزگی که قادر به تولید یک مقدار عظیمی از اطلاعات توسط سیستم‌های یادگیری ماشین است، که می‌تواند بیا بررسی کردن وضعیت پزشکی محیط زیست، حتی در زمان واقعی به‌کار برده شود. در موارد خاصی، داده‌های حسگر قادر به تغییر خودکار تنظیمات از یک یا چند ابزار پزشکی هستند. در اغلب موارد، آنها فقط می‌توانند هشدار را که لزوماً توسط انسان به‌کار گرفته می‌شود تولید کنند. در محاطره‌ی آمیزترین شرایط، که ممکن است شامل تجمع بیماران در اتاق اورژانس، و یا فقدان پرسنل کارآمد و یا هنگام وقوع حوادث غیر منتظره است، فقط چند تایی رو نام عنوان کردیم، برخی از هشدارهای مطرح شده توسط زیرساخت اینترنت اشیا نمی‌تواند به‌طور موثر و به موقع توسط پرسنل پزشکی اداره شود.

از دیدگاه ما، ربات قادر به یادگیری و به‌دست آوردن اطلاعات از اشیاء هوشمند در محیط اطراف خود، به منظور حمایت از کار پرسنل پزشکی خواهد بود، بنابراین اجتناب از مداخله‌ی آن زمانی که به شدت لازم نیست، و یا حمایت از آن فعالیت در شرایط بحرانی لازم است.

در بالا در مورد روبات‌ها و قابلیت‌های در حال حاضر اینترنت اشیا در گذشته بحث شد، برنامه‌های کاربردی رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا در زمینه‌ی مراقبت‌های بهداشتی ممکن است شامل:

- کمک خودکار به بیماران تحت نظارت؛
- کمک در اعمال ایستادن و نشستن برای افراد معلول.
- حرکت مستقل، تحویل و کشف داروها و تجهیزات پزشکی در انبارها، اتاق عمل و در سایر مناطق بیمارستان؛
- پشتیبانی پرسنل پزشکی در چندین فعالیت؛
- نظارت بر جنبش مردم؛

- کنترل دسترسی در مناطق محدود.
- کمک به مردم در شرایط وحشت و خطر.

2.2. تاسیسات صنعتی و مناطق هوشمند

استفاده از فن آوری اینترنت اشیا در کارخانه های صنعتی و مناطق هوشمند. محیط معمولی صنعتی توسط مجموع های از ماشین آلات برای رسیدن به یک هدف مشترک جهت تحقق یک یا چند محصول باهم کار می کنند. در این زمینه، نمونه برنامه های کاربردی با هدف اینترنت اشیا: نظارت بر زمان واقعی و کنترل قطعات حساس تجهیزات (به عنوان مثال، سیستم های الکتریکی، سیستم ارتعاش و درجه حرارت) [46]، نظارت بر مصرف انرژی از طریق اندازه گیری هوشمند [47]، خواندن تله متری از وضعیت نفت، ترمز و روان کننده ماشین آلات [47]، نظارت بر خوردگی خطوط لوله نفت/گاز [47]، کنترل زمان واقعی فرآیند های صنعتی [48]، مدیریت موجودی [47] و نظارت بر خط لوله ی آب [49].

برای گسترش دامنه، فراتر از حوزه ی تولید صنعتی، برنامه های کاربردی اینترنت اشیا در نظارت بر مناطق کشاورزی [50]، انرژی سیستم های توزیعی [51]، انرژی خورشیدی و گیاهان توسعه داده شده اند [52].

فن آوری اینترنت اشیا در حال کسب پیشرفتی روبه رشد در ساختمان های عمومی و مناطق (مانند فرودگاه ها، هتل ها، پارک ها، و سینما) است. به عنوان مثال، اجرای یک سیستم تشخیص نفوذ از طریق محیط های شبکه ی حسگر بی سیم (WSN)، که قادر به نظارت بر یک منطقه ی فرودگاهی است [53] ارائه شده است. نویسندگان قابلیت حمل آسان معماری ارائه شده به ایستگاه های راه آهن و همچنین بنادر کشتی را مورد بحث قرار داده اند. معماری مدیریت پارکینگ برای اتومبیل و دوچرخه مبتنی بر اینترنت اشیا در [54] و [55] ارائه شده بود. در نهایت، WSN به طور گسترده ای در ساختمان های مدرن استفاده می شود (در حال حاضر به نام ساختمان های هوشمند)، جایی که اتوماسیون، کنترل انرژی و خدمات نظارت فعال است [56] [57] [58].

استفاده از روبات در کارخانه های صنعتی و مناطق هوشمند. فن آوری که باعث می شود، روبات های صنعتی، انسان دوستانه و سازگار با برنامه های کاربردی مختلف در حال ظهور و در زمینه های کاربردی مختلف باشند

هدف یک فعالیت مهم پژوهش در بهبود کنترل سیستم رباتیک برای برنامه های کاربردی مختلف، شامل برنامه ریزی مسیر، بهینه سازی لینک بازوی رباتیک، برنامه ریزی و زمان بندی است [60].

درک رباتیک و هوش مصنوعی نیز نقش کلیدی در غنی سازی روبات با ابزار مختلف برای صحنه های بازی، اشیاء و به رسمیت شناختن مردم، به سمت تعامل امن تر و موثر انسان و ربات دارد [61].

برنامه نویسی ربات یک موضوع تحقیقاتی داغ است: تعریف طراحی و برنامه نویسی خاصی برای این برنامه از نیاز برای مقابله با درخواست افزایش برای نوآوری، چرخه عمر کوتاه محصول و درخواست مکرر از محدوده محصول ناشی می شود [62].

در مورد روبات ها در ساختمان ها و در فضا های باز، هنوز از یک ربات برای هر خانه دور هستیم. با این حال، درجه خاصی از اتوماسیون در دفاتر و خانه ها یک واقعیت است [63]. به عنوان مثال، تمیز کردن ربات ها در محیط داخلی در سراسر جهان استفاده می شود [64]، و تحقیقات مربوط به روبات های هوشمند بیشتر در خدمات داخلی است [45]. علاوه بر این، محققان همچنین علاقه مند به استفاده از روبات ها در فضا های عمومی باز مانند فرودگاه ها،

ایستگاه، مراکز خرید و غیره، برای حمایت از عملیات مراقبت از مشتری و نظارت بر فعالیت ها هستند [65].

روبات های به کمک اینترنت اشیا در کارخانه های صنعتی و مناطق هوشمند. راه حل های رباتیک به کمک اینترنت اشیا کاملاً با نیاز های کارخانه های صنعتی و مناطق هوشمند مطابقت دارد. مشاهده می کنیم که فعالیت های رباتیک محور تا زمانی که وظایف باید در مناطق ممنوعه مردم انجام شود، مهم تر هستند (به عنوان مثال، داخل یک ماشین، داخل کوره، یا در یک اتاق با گاز و مایعات کشنده). علاوه بر این، آنها می توانند یک پشتیبانی معتبر از حالات در فضای باز ارائه کنند (مانند شبکه های هوشمند، انرژی گیاهان و غیره)، که در آن انسان قادر به تن هایی کار کردن باشد.

پخش فراگیر اشیاء هوشمند در ماشین آلات، شبکه و فن آوری گیاهان، مجموع های غنی از اطلاعات را برای پردازش و تحویل اجازه می دهد، سطحی از جزئیات که به تن هایی قابل مقایسه با بازیابی داده توسط ربات نیست. اطلاعات حاصل ممکن است، برای مثال، در چند گزارش عوامل محیطی ناهمگن، از جمله وضعیت سیستم برای اتوماسیون، تشخیص حرکات، فشار، دما، و رطوبت، حضور ذرات شیمیایی در هوا، تغییر ترکیب شیمیایی گازها و مایعات، حضور اشیاء در قفسه و در مردم اتاق و غیره باشد.

از دیدگاه ما، تکنولوژی اینترنت اشیا تعامل جهانی در میان ربات‌ها دارد، شی هوشمند به‌طور مستقیم در ماشین‌آلات، برق و دستگاه‌های الکترونیکی یکپارچه‌ی نصب شده در ساختمان و انسان قرار دارد، در نتیجه راه به سمت توسعه‌ی تعدادی از خدمات پیشرفته و برنامه‌های کاربردی آسان است.

به‌طور خاص، داده‌های جمع‌آوری شده از دامنه‌ی اینترنت اشیا به ربات تحویل داده می‌شود، به‌عنوان مثال، عملیات زیر:

- مدیریت خودکار و هماهنگی فعالیت‌های تولید،
- مدیریت مستقل از تجهیزات و وسایل.
- واکنش فوری به اندازه‌گیری پارامترهای مهم در مناطق مختلف (به‌عنوان مثال، درجه حرارت بالا در یک کوره و یا تولید گازهای گلخانه‌ای از مواد شیمیایی مضر در هوا)؛
- پشتیبانی برای محیط‌های ساختمانی امن و راحت‌تر؛
- کنترل و مدیریت تاسیسات برق و انرژی،
- کنترل دسترسی در مناطق محدود.
- پیش‌بینی و در صورت امکان، اجتناب از موقعیت‌های خطرناک؛
- دسترسی به افراد غیر مجاز.
- کمک در موقعیت‌های وحشت و خطر.

2.3. کاربرد های نظامی

استفاده از فن‌آوری اینترنت اشیا در کاربرد های نظامی. در دامنه‌ی ارت، معماری اینترنت اشیا برای تشخیص حضور و نفوذ به شبکه، شیمیایی، بیولوژیکی، اشعه، مواد منفجره، و سیگنال‌های صوتی، و همچنین برای ارائه و برآورد تصویربرداری، از طریق منابع حسی مختلف هوشمند، مانند مادون قرمز، فوتوالکترونیک، لیزر، آکوستیک، ارتعاش، و غیره استفاده می‌شود.

این قابلیت در تشخیص معادن در مناطق ساحلی، محلی‌سازی زیردریایی دیزل برقی مدرن در آب‌های ساحلی، تشخیص و محلی‌سازی خمپاره، توپ و سلاح‌های کوچک، در اندازه‌گیری غلظت مواد منفجره، مواد شیمیایی سمی

و عوامل بیولوژیکی، ردیابی سربازان، تشخیص تک تیراندازها و مدیریت نظارت پیرامون مناطق حساس موثر هستند. [66] [67].

به‌تازگی، یک معماری اینترنت اشیا نظامی (MIOT) از لحاظ نظری فرموله شده است [68]. این برنامه، اطلاعات را از افراد، تجهیزات و مواد در محیط نظامی با استفاده از دستگاه‌های سنجش (یعنی لایه سنجش) جمع‌آوری می‌کند و داده‌های جمع‌آوری شده در میان اشیاء نظامی، سیستم‌های کنترل نظارت و مراکز، از طریق یک زیرساخت ارتباطی (به عنوان مثال، لایه اطلاعات) به اشتراک گذاشته می‌شود. به عنوان نتیجه، داده‌ی لایه سنجش می‌تواند به اجرای و کنترل برنامه‌های کاربردی نظامی هوشمند مورد سوء استفاده قرار گیرد.

استفاده از روبات در کاربرد های نظامی. در اغلب موارد، کاربرد های نظامی در تحقیقات رباتیک " قاتل اپلیکیشن‌ها" می‌شود، که می‌گویند، تعداد زیادی از پروژه‌هایی که در بخش نظامی آغاز شده تاثیر موجداری در استفاده‌ی مورد نظر دارد [69]. یکی از استفاده‌های روبات‌ها در عملیات نظامی به عنوان واحد‌های پشتیبانی [20] بود. هدف اصلی داشتن تیمی بدون سرنشین در وسایل نقلیه‌ی زمینی (UGVs)، وسایل نقلیه رباتیک که در زمین حرکت می‌کند، به‌عنوان ابزار جنبش و یا حمل‌ونقل بود. امروزه، پژوهش در UGV در حال پیشرفت از وسایل نقلیه مانند ماشین به سمت ربات همه‌کاره مانند BigDog، یک ربات چهارپا با تحرک استثنایی بود [70]. اخیراً، پتانسیل وسایل نقلیه رباتیک در حالات دریایی و هوایی تجدید شده است. احتمال اتخاذ وسیله نقلیه بدون سرنشین سطحی (USV) و بدون سرنشین در زیر آب (UUV) به آگاهی بیشتر و نظارت امن و نظارت عملیات در تنظیمات نیروی دریایی راه باز کرده است [71]. علاوه‌براین، پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری و پژوهش، نسل جدیدی از خودرو هوایی بدون سرنشین هوشمند و بسیار متنوع (UAV) تولید شده است، که به‌طور گسترده در مجموع‌های بسیار بزرگ از زمینه‌های نظامی، از جمله حفاظت از مرز، نظارت مناطق کلیدی، عملیات مستقل در مبارزه و غیره استفاده می‌شود [72].

یکی از مسائل اصلی در کاربرد های نظامی هماهنگی است و همکاری وسایل نقلیه (UGV، USV، UUV) و UAV با تیم‌های انسان است. این جنبه در تعاونی و سیستم‌های توزیع شده‌ی چند ربات قرار می‌گیرند. بنابراین، به‌تازگی، تعدادی از سیستم‌ها برای هماهنگی توزیع تیم‌های ناهمگن از روبات‌ها و انسان‌ها توسعه داده شده است

[73]. این سیستم‌ها استحکام و انعطاف‌پذیری به شبکه‌های از روبات‌ها و انسان ارائه می‌کنند، که ویژگی‌های اساسی برای موفقیت عملیات در محیط‌های بدون ساختار و بسیار پویا دارند [74].

برنامه‌های کاربردی رباتیک ممکن به کمک اینترنت اشیا در محیط‌های نظامی. همچنین در این مورد، یک سیستم اینترنت اشیا می‌تواند دامنه‌ی فعالیت‌های ربات را بزرگ کند. برای کسب اطلاعات ممکن بیشتر در یک محیط گسترده و ناشناخته، اشیاء هوشمند ممکن است در منطقه مورد نظر برای تشخیص حضور مواد شیمیایی مضر و سلاح‌های هسته‌ای/بیولوژیکی، حضور انسان (دشمنان غیرنظامی و نظامی)، برای یادگیری جغرافیایی ساختار و طرح محیط زیست [68] و به طور مشابه در برنامه‌های کاربردی صنعت برای گرفتن داده‌ها در مورد پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی (مانند ترکیب گاز، دما، فشار و غیره) به کار برده شود.

اعمال نفوذ و ویژگی‌های حال حاضر در هر دو حوزه‌ی رباتیک و اینترنت اشیا، برنامه‌های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا، ممکن است فعالیت‌های زیر را پوشش دهد:

- تشخیص مستقل و هوشمند مواد شیمیایی مضر و سلاح‌های بیولوژیکی؛
- غیرفعال کردن سلاح‌های هسته‌ای در محیط‌های ناامن؛
- کنترل وسایل نقلیه و هواپیما بدون حضور و هماهنگی انسان؛
- پشتیبانی مدنی عملیات و اقدامات جنگ؛
- کنترل دسترسی و تشخیص رسوخ نامشروع مردم در مناطق محدود.

2.4. سیستم‌های مدیریت امداد و نجات

استفاده از فن‌آوری اینترنت اشیا در عملیات نجات. هدف اصلی از عملیات امداد و نجات برای نجات زندگی مردم به دام افتاده در محیط‌های خاص پس از بلایای طبیعی و ساخته شده توسط انسان است. سناریوی نجات معمولی، از محیط‌های خطرناک و مکان‌های ناامن تشکیل شده (به‌عنوان مثال، در زیر آوار سقوط ساختمان و یا در یک ایستگاه زیرزمینی که در آتش است.)

در طول عملیات نجات، جمع‌آوری مقدار زیادی از داده‌های گرفته شده از محیط زیست لازم است. بنابراین به‌طور گسترده‌ای شناخته شده است که شبکه‌ی گیرنده‌ی بی‌سیم می‌تواند در ضبط و پخش اطلاعات در مناطق فاجعه

با کمترین تاخیر ممکن مورد سوء استفاده قرار بگیرد. برای حمایت از چنین فعالیت هایی، در [75] یک چارچوب جمع‌آوری داده‌ی مبتنی بر WSN برای انتشار جزئیات بیشتر در مورد این فاجعه ارائه شده است. معماری تضمین می‌کند که در همان زمان، طول عمر سیستم بالا و تاخیر تحویل کوتاه است. شبکه‌ی گیرنده‌ی بی‌سیم در [76]، برای ساخت یک سیستم نظارت که قادر به مدیریت عملیات امداد و نجات حیاتی است، به کار برده شده است. در این سیستم، گره‌ها قابلیت سنجش جمع‌آوری اطلاعات از منطقه‌ی فاجعه و از اپراتورهای تیم امداد و نجات را دارند. پس از آن، گره‌ها قادر به ارائه اطلاعات به مراکز کنترل برای مدیریت عملیات و نظارت مکان و اعضای نجات را دارند.

ادغام فن‌آوری اینترنت اشیا در فعالیت‌های نجات زلزله در [77] بحث شده است. این مقاله یک روش برای پیش‌بینی ماهیت یک زمین‌لرزه و خسارات اقتصادی ناشی از آن ارائه می‌کند. به‌طور خاص، داده‌های جمع‌آوری شده توسط اینترنت اشیا برای توصیف ظهور زلزله و برای انجام فعالیت‌های تصمیم‌گیری در بازسازی پس از زلزله به کار برده می‌شود.

استفاده از روبات در عملیات امدادونجات. نجات رباتیک یک دامنه است که ربات‌ها دارای پتانسیل ساخت تفاوت‌ها، با توانایی خود در کار در محیط‌های ممنوع به انسان هستند. موقعیت‌های متداول که ربات‌های امدادونجات کار می‌کنند حوادث معادن، بلایای شهری، آدم‌ربایی و انفجار هستند [20].

برای پرداختن به چالش‌های رباتیک امداد و نجات، یک تغییر از روبات‌ها به روبات‌های کاملاً مستقل [78] مورد نیاز است. یکی از جنبه‌های کلیدی ربات‌های امداد و نجات خودمختار عمل در یک محیط کاملاً بدون ساختار، به عنوان مثال در ساختمان‌های فروریخته برای جستجوی بازماندگان است [79].

علاوه بر این، عدم وجود سیستم‌های سنجش و یا سیستم‌های ارتباطی در سناریوهای نجات ممکن است به حمایت از زیرساخت‌های موقت و مستقل ایجاد شده توسط اشیاء هوشمند در محیط نیاز داشته باشد [80].

برنامه‌های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا در مدیریت سیستم‌های امداد و نجات. در برنامه‌ی نجات، اشیاء هوشمند و ربات‌به‌تازگی در [81] مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تعدادی از مقاله‌ها و برنامه‌های کاربردی جالب می‌توان در پیوستن به قابلیت اینترنت اشیا و سیستم‌های رباتیک تعریف کرد.

داده های جمع آوری شده از اینترنت اشیا ممکن است فعالیت های ربات را هماهنگ کند، در نتیجه ساخت عملیات خود موثر است (به عنوان مثال با شناسایی اولویت های اقدامات مورد نیاز). برخی از وظایف ممکن رباتیک به کمک اینترنت اشیا می تواند به شرح زیر باشد:

- نظارت مستمر مناطق آسیب دیده از بلایای طبیعی.
- نجات مردم به دام افتاده در مکان ناامن و بی ثبات؛
- حمایت از فعالیت های سنتی انجام شده توسط انسان در عملیات نجات.

3. بررسی اجمالی از پیشرفت به سمت پارادایم جدید

در این بخش یک مرور کلی از زمینه های پژوهش مربوط به موضوعاتی که قبلا مورد بحث قرار گرفت و همچنین یک لیست از مهمترین چالش ها را بیان می کنیم.

3.1. معماری شبکه برای اینترنت اشیا

یک مسئله بنیادی محققان و پژوهشگران مشغول به کار در اینترنت اشیا دامنه، یکپارچگی میان M2M با مقیاس کوچک و مختلف در شبکه IPv6 است. به طور کلی، 100٪ با فن آوری سازگار نیست [82]. در این راستا، تحقیقات FP7 مختلفی (جدول 1 را ببینید)، مانند CALIPSO، IOT6، و BUTLER، راه حل های ممکن را پیشنهاد داده اند، که بیشتر بر روی پیشنهاد های توسعه یافته توسط مهندسی نیروی کار اینترنت (IETF) هستند. از سوی دیگر، پروژه های دیگری در فن آوری های محاسبات ابری (به عنوان مثال، BETAAS و OPENIOT) و یا در مسائل امنیتی، روش های متن آگاه و طراحی معناگرا (به عنوان در CORE، IOT.EST، EBBITS و VITRO) متمرکز شده است.

از سوی دیگر، در مواجهه با مسائل قابلیت همکاری، موسسه استاندارد مخابرات اروپا (ETSI) مجموع های از ویژگی ها را برای یک معماری برای استانداردسازی روشی که در آن دستگاه های ناهمگن می توانند خدمات ارائه دهند و به صورت یکپارچه دید شوند، تعریف کرده است [83] - [85].

البته در یک چشم انداز کوتاه مدت و قدرتمند و پایدار، راه حل از طریق اینترنت اشیا IPv6 و یا یک چارچوب ETSI M2M که به شدت مبتنی بر طراحی شبکه میزبان محور است، پیش‌بینی می‌شود. این به این معنی است که شکل های هندسی اولیه‌ی شبکه توسط عدم موضع‌گیری میزبان اداره می‌شود (به‌عنوان مثال، آدرس های IP). از سوی دیگر، برنامه های کاربردی و خدمات (شامل M2M) ذاتا اطلاعات محور هستند: در این دیدگاه، آنچه مهم‌تر از کجا است، و به عنوان یک نتیجه، یک تغییر پارادایم نسبت به شبکه‌ی اطلاعات محور (ICN) به‌طور گسترده‌ای توسط جامعه حمایت می‌شود.

توجه داشته باشید که، ایده کلی ساختمان معماری ICN قادر به دید IP محور و توجه قوی در جامعه است. بسیاری از راه‌حل های پیشنهادی تاکنون برای مقابله با سیستم های اینترنت اشیا مبتنی بر ICN قبلا با صراحت برای حمایت از الزامات برنامه های کاربردی رباتیک مطرح شده است.

با اشاره به سیستم های رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا، باید با چند سوال بدون پاسخ و در عین حال مهم برخورد:

1. تا چه حد IPv6 را می‌توان برای مقابله با تحرک بالایی پروتکل مورد استفاده قرار داد؟

2. آیا می‌توان تبادل معنایی اطلاعات را توسط گره اینترنت اشیا به طور مستقیم در لایه MAC، با هدف اجرای امنیت، حفظ حریم خصوصی، صداقت و محدود کردن خطوط تعبیه کرد، بنابراین نتیجه‌ی به‌دست آمده‌ی محیط شبکه برای برنامه های کاربردی رباتیک بهینه‌سازی شده است؟

3. آیا یک گروه از گره‌ها می‌توانند به صورت پویا بر قوانین حاکم بر پروتکل ارتباطات موافق باشند؟

4. آیا ما می‌توانیم انرژی، پهنای باند و تلاش محاسباتی را با خلاص شدن از رضایت و/یا اقتباس از پروتکل های قدیمی، و توسط شروع طراحی پروتکل های جدید، از ابتدا ذخیره کنیم؟

علاوه بر این، سیستم های رباتیک، در قابلیت محاسبات و ارتباطات، بسیار ناهمگن هستند.

همانطور که در بالا گفته شد، چشم انداز بلند پروازانه‌ی ما یک رویکرد ارتباطی جدید به سیستم اینترنت اشیا است، که قادر به حذف طبقه بندی و سربار به‌ویژه برای برنامه های کاربردی رباتیک است. برای این هدف، آخرین تحولات در تحقیقات ICN [86] نشان می‌دهد که مزایای قابل توجهی می‌تواند توسط شکل های هندسی اولیه ICN، از نظر حمایت از تحرک، سطح امنیتی، مسیریابی بومی چند پخشی، عملیات ذخیره در شبکه توزیع و به اشتراک گذاری محتوای استاندارد ایجاد شود. این مزایا در برنامه های کاربردی رباتیک ضروری است و در نتیجه

شایسته تحقیق و تحولات در بیشتر چالش های مربوط به مسیریابی/کنترل ازدحام/کشف منابع بهینه‌سازی الگوریتم، مکانیزم جستجو، روش های طراحی و سیستم ناهمگونی است.

	Middleware oriented	Cloud	IPv6	User cognitive model	Service provisioning	Resource abstraction	Security and privacy	Context awareness	Semantic representation models	Buildings	Industry	Future Internet	Information centric networking
PROBE-IT [94]													
IoT-I [95]					x	x							
ELLIOT [96]					x								
RELYONT [97]					x			x					
CALIPSO [98]			x										x
CONVERGENCE [99]					x	x							x
UTRUSTIT [100]				x			x			x			
EBBITS [101]					x	x			x				
UBIWARE [102]	x					x			x		x		
SmartSantander [103]					x							x	
SPITFIRE [104]					x	x			x			x	
ICORE [105]					x	x		x					
IOT@WORK [106]	x				x		x				x		
IOT-A [107]	x	x										x	
OPENIOT [108]	x	x			x		x		x				
IOT.EST [109]					x	x		x	x				
IOT6 [110]		x	x		x								
VITRO [111]	x				x	x		x		x	x		
BETAAS [112]		x			x		x	x		x			
BUTLER [113]	x		x		x		x	x		x			

3.2. سیستم های تصمیم‌گیری غیرمتمرکز در رباتیک به کمک اینترنت اشیا

از دیدگاه مهندسی کنترل، اینترنت اشیا ممکن است یک انقلاب واقعی تشکیل دهد، عدم تمرکز کامل و توزیع فضایی اجزای یک سیستم کنترل پیچیده: سنسورها، رله، الگوریتم کنترل، نظارت و واحد تشخیصی. چنین سیستم توزیع شد ه‌ای، با تعداد نامعلوم و متغیری از نهاد های شرکت‌کننده، الزاما شامل طراحی محاسبات و کنترل الگوریتم است، که در آن قابلیت توزیع سنجش و محاسبات مورد نیاز، اساسی است. توزیع‌شدگی الگوریتم‌ها و فرآیند های مورد نیاز در امتداد سیستم اس، که در آن استحکام، تشخیص، عدم تجانس و مقیاس پذیری از عوامل کلیدی هستند. از سوی دیگر، روبات های موجود در جهان ما فراتر از نقش سنتی خطوط مونتاژ و ابزار دستکاری با تحقیقات بالغ در هماهنگی توزیع ربات های ناهمگن و همراه انسان، به‌خصوص برای جستجو و نجات و کاربرد های نظامی هستند [114] - [116]. به عنوان یک نتیجه، در این زمینه، ربات های همراه ممکن است یک سیستم کنترل، با توانایی ارائه اقدامات کنترل در مکان های خاص، بدون ضرر برای انسان، و بدون نیاز به تجهیز هر مکان از سیستم باشند. سوالات مطرح شده در چارچوب سیستم های ناهمگن مخلوط متشکل از ابتکار عمل انسان، زمین و وسایل نقلیه هوایی جالب بوده است [20]:

1. آیا انسان منجر به انجام تمام جنبه های یک کار می‌شود؟ آیا یک ماشین می‌تواند دستور دهد؟
2. چه نیاز های گفت‌وگو می‌شود و در چه سطحی از انتزاع قرار دارد؟
3. می‌توانید ابتکار عمل در طول کار انجام دهید؟

4. می‌توانید نقش تیم را جهت تغییر قابلیت‌ها انجام دهید؟

5. چه هنگامی ماشین‌ها می‌توانند به انسان و یا به ماشین‌های دیگر نه بگویند؟

علاوه بر این، امکان دسترسی به اینترنت، به ربات اجازه می‌دهد تا به مقدار زیادی از داده‌ها، اشتراک دانش و منابع محاسباتی دسترسی داشته باشد. در سال 2010، واژه‌ی رباتیک ابر [117] به عنوان یک پارادایم در رباتیک، که در آن روبات می‌تواند با استفاده از اینترنت به عنوان یک منبع برای گرفتن محاسبات موازی و در زمان واقعی برای به اشتراک گذاری عظیمی از دانش و مجموعه داده‌های بزرگ معرفی شده است. به تازگی، تعدادی از پروژه‌های تحقیقاتی رباتیک ابر در حال دنبال شدن در سراسر جهان [118]، [119] است، و منجر به ظهور معماری نرم افزار جدید [120] - [122] و چارچوب محاسبات [123] شده است. در این میان، پروژه‌ی RoboEarth [19] به منظور توسعه‌ی یک شبکه جهانی وب برای روبات است: یک شبکه‌ی غول پیکر و مخزن پایگاه داده که در آن روبات می‌تواند اطلاعات و آموخته‌هایش از دیگران را در مورد رفتار و محیط خود به اشتراک بگذارد.

در این مقاله به دنبال چشم‌انداز گسترده‌ی هستیم، که در آن تیمی از انسان‌ها، اشیاء و روبات‌ها قرار دارند، هر کدام سنجش‌های مختلف، پردازش و قابلیت عمل، متفاوتی دارند. برای به اجرا درآوردن این دیدگاه، ما به هر نهاد پیشنهاد می‌کنیم که در روند به عنوان یک گره (شبکه) شرکت کند. ما فرض می‌کنیم مشغول مقابله با یک گروه باز هستیم که در آن گره می‌تواند در هر زمان ملحق و یا ترک شود. هیچ سلسله مراتبی الزامی نیست، و هر کس برای دستیابی به وظایف کمک خواهد کرد. درخواست ممکن است به طور بالقوه برای هر گره از شبکه ساخته شود (به شرط ارائه‌ی قابلیت‌های ورودی)، و باید پردازش شده و به مناسب‌ترین گره و یا زیر گروهی از گره‌ها اختصاص داده شود. اینجا ما می‌خواهیم به ترویج و پرورش یک چشم‌انداز که در آن رباتیک یک مجموعه استو سیستمی از توانایی‌های ناهمگن دارد بپردازیم، که در آن گره‌ها قادر به کمک به اجرای وظایف و هر کس به توانایی خود، نیاز دارد. پیشرفت پیش‌بینی شده در این دامنه عبارتند از:

• طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم در شرایط واقع بینانه برای سنجش مشترک و برآورد توزیع شده است. الگوریتم‌ها، در واقع، اغلب در سیستم‌های ارتباطی انتزاعی [124] هستند. در دسترس بودن گسترده‌تر ارتباطات و منابع محاسباتی در وسایل نقلیه مستقل در حال حرکت به سمت اجرای پژوهش استراتژی اجماع برای همکاری چند وسیله نقلیه در هر دو برنامه‌ی کاربردی نظامی و غیرنظامی، مانند سیستم‌های نظارت، دست زدن به مواد و شبکه

های حسگر موبایل جاسازی شده است. برای این هدف، اجماع و شرایط الگوریتم باید برای مقابله با محدودیت فیزیکی و زمانی توسط برنامه های کاربردی خاص [127، 128] افزایش یابد. محدودیت در ارتباطات میان جنبه های کلیدی به هنگام برخورد با برنامه های کاربردی رباتیک قرار دارد. مشکلات باز، به عنوان مثال، مطالعه عملکرد الگوریتم توافق با توجه به میزان اطلاعات رد و بدل شده توسط عوامل [129]، و یا خصوصیات عملکرد اجماع در حضور اندازه گیری سر و صدا و تاخیر، بسته و شکست عوامل است [130] - [138].

• طراحی استراتژی های تخصیص وظایف توزیع یافته [139]، که در آن مجموع های از اشخاص در انتساب توزیع از وظایف برای انجام آن موافق هستند، یکی از جنبه های کلیدی برای ادغام فن آوری های اینترنت اشیا و سیستم های رباتیک است. یکی از کار های پیشگام در کار توزیع انتساب [139]، اجماع مبتنی بر بسته نرم افزاری الگوریتم (CBBA)، باز کردن کامل راه توزیع وظایف در میان عوامل شبکه های هوشمند است. با تکرار ساختار آن، CBBA تضمین می کند که یک شبکه از عوامل همگرا، در زمان متناهی، در انتساب چند وظیفه است. این نتیجه از طریق نزدیکترین ارتباطات همسایه به دست می آید، بنابراین، هر عاملی نیاز به دانستن اطلاعات در مورد عوامل دیگر در شبکه ندارد. این مکانیزم می تواند به راحتی از شبکه های ربات به برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا، که در آن هر دستگاه اطلاعاتی در مورد کل شبکه ندارد، گسترش یابد. اخیراً، استراتژی های مختلفی در تنظیمات موتور های آسنکرون، با تاخیر در ارتباطات و شبکه های ناهمگن بر اساس ایده های اصلی CBBA پیشنهاد شده است [140] - [142]. با این حال، چالش طراحی و پیاده سازی این الگوریتم ها در محور اطلاعات امن و زمینه های معنایی بیشتر از شبکه های ایده آل است.

3.3. روش معناگرا برای اجماع در کاربرد رباتیک به کمک اینترنت اشیا

در سناریوی به تصویر کشیده شده در این مقاله، که در آن روبات ها، ماشین آلات، حسگر های هوشمند و انسان در تعامل برای رسیدن به یک هدف مشترک، تعریف و طراحی استراتژی موثر از شرایط هستند اهمیت زیادی دارد. در حالت ایده آل، شرایط باید به طور کامل غیرمتمرکز به دست آید. اکثر پروتکل های تثبیت شرایط [143] براساس شایعات بی اساس هستند [144]، توسط فرضیه، این پروتکل به معنای احتساب داده ها و مسائل اساسی ناشی از اختلاف نظر ممکن در میان بازیگران نیست. در مقابل، در این مقاله ما نیاز به بهره برداری از یک معنای رسمی

مبتنی بر چارچوب تحت بررسی، به منظور مدیریت ویژگی‌های متمایز اصلی آن هستیم: اطلاعات ارتباطات محور، جمعیت متغیر با زمان و طرح ارتباط، بازیگران بسیار ناهمگن (از جمله انسان).

جستجو برای برخی از نهاد‌های همگرای ناهمگن به سمت درک مشترکی از جهان اطراف، یک کار گسترده در توزیع هوش مصنوعی (DAI) با اشاره‌ی خاص به سیستم‌های چند عاملی (MAS) است، از اوایل دهه نود، برخی طرح‌های پژوهشی به اجماع در میان عوامل خودکار تقسیم شده است ([145]، [146]، [147]). توجه داشته باشید که، تلاش‌های اولیه، تحقیقات میان رشت‌های با تصویب مکانیزمی از اقتصاد به ویژه نظریه بازی را نشان می‌دهد (به عنوان مثال تصویب ساز و مالیات کلارک [148] در [147]).

مشکل استخراج در میان عامل‌ها شامل مسائل مربوط به برنامه‌ریزی سنتی در هوش مصنوعی است، که تحت راه‌حل مشکل توزیع در گذشته است، زمانی که برای عامل‌های متعدد [149] به کار برده شد. همانطور که در مقدمه پیشنهاد شد، افزایش شمار تعداد نهاد‌های مسائل مربوط به مقیاس‌پذیری با [150] مقابله شد. علاوه بر این، ناهمگنی در عامل‌ها اغلب منجر به تمایز در تعاونی و منافع خود (اگر نه رقابتی) و ساخت پیچیده‌تر پروتکل می‌شود [151].

سناریوی به تصویر کشیده شده در این مقاله بیشتر قابل ارجاع به سناریو MAS اس، که به‌طور کامل در چندین مقاله و کتاب طی سال‌های گذشته بررسی شده است (در میان دیگران، ببینید [152]، [151]). به‌طور خاص، علاقه بسیار زیادی به استفاده از روش‌های یادگیری ماشین به MAS داده شده است (برای یک بررسی جامع به [153] نگاه کنید)، که هنوز هم در هوش به همراه تئوری بازی بررسی می‌شود.

از سال 1999 ([152])، وظایف به‌نحوی به سناریوی ما مرتبط شد، از جمله ارزیابی توزیع موقعیت، برنامه‌ریزی منابع و برنامه‌ریزی توزیع و توزیع سیستم‌های خبره، به عنوان برنامه کاربردی برای MAS نشان داده شد. علاوه بر این، همان کار، شمار قابلیت همکاری میان عامل‌ها را به عنوان یک چالش کلیدی تحقیقات در نظر گرفت.

چشم‌انداز معناگرا از اینترنت اشیا به‌تازگی ترویج پیدا کرده است، همان تصور گذر از اینترنت اشیا به وب معنایی اشیا [156]. پارادایم معنایی، در واقع، چندین خدمات برای حمایت از مشکلات پیاده‌سازی اینترنت اشیا معمولی پیشنهاد داده است که کاربرد رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا است. به‌طور خاص، یک نمایش قابل فهم برای ماشین از اشیا (و از اطلاعاتی که آنها با خود حمل می‌کنند) در پارادایم‌های اینترنت اشیا مزایای زیادی را پیشنهاد

می‌دهد، از جمله قابلیت همکاری، یکپارچه سازی داده های ناهمگن، انتزاع داده و دسترسی، جستجو و کشف منابع، استدلال. همه این فرصت های پردازش اطلاعات، نیاز به تکیه به مدل نمایش دانش به اشتراک گذاشته دارند که نیاز به تلاش تعریف در هستی‌شناسی استاندارد دارد. اخیراً، گروه رشد معنایی شبکه های حسگر W3C شبکه های حسگر معنایی را توسعه داده است [157]، که ویژگی های سطح بالا از دستگاه های حسی و عملیات مربوط به آنها را نشان می‌دهد. اشخاص علاقمند به اینترنت اشیا نه تنها سنسور، بلکه منابع ناهمگن (از جمله ربات) در چند فرآیند کسب و کار وابسته به سناریو درگیر می‌شوند. برخی از تلاش های نمایش به طور رسمی برای توصیف اینترنت اشیا، منابع توصیف و خدمات [158]، و فرآیند های کسب و کار مربوط به آنها ایجاد شده است [159]. هنگامی که بازیگران یک تفسیر مشترک و زبان نمایش را به اشتراک می‌گذارند، آنها می‌توانند اطلاعات را جمع‌آوری کنند و تنظیمات سناریو را با یک دیدگاه یکنواخت توصیف کنند. با این وجود، از یک طرف این مدل نمایش مشترک برای ویژگی های دامنه دور از دسترس است. از سوی دیگر، شرح اطلاعات جمع‌آوری شده با توجه به چنین مدلی ممکن است منجر به تفسیر های متفاوت از تنظیمات سناریو شود. در هر دو شرایط، مکانیزم استدلال نیاز به حمایت از اجرای جستجو به اصطلاح اجماع معنایی دارد.

اخیراً نشان داده شده است که یک اجماع معنایی جهانی می‌تواند از ظهور خود سازماندهی یک جمعیت از بازیگران متصل از طریق یک شبکه‌ی ارتباطی ایجاد شود [160، 161]. این مدل اخیراً در کلاسی از شبکه های خود سازمان یافته‌ی معنایی (SON) پیشنهاد شده است، که از مکانیسم مدل چرخش آیزینگ الهام گرفته شده است [162]. فرض اساسی روش توسعه یافته چنین است که در آن هر عامل می‌تواند اطلاعات دیگران را در زمان تبادل متناهی تغییر دهد. که می‌تواند از طریق سیاست مسیریابی بدون خرابی و موثر، حضور واحد متمرکز و یا یک نمونه نماینده یکنواخت از گره های شبکه به دست آید. در بحث ما، مقابله با پروتکل های ارتباطی واقع‌بینانه و روش توزیع‌شده، فرضیه‌ی میانگین باید حداقل مورد سوال قرار گیرد. یکی دیگر از موضوعات تحقیقاتی مهم در این دامنه درج اپراتور انسانی در یک کار گروهی مرتبط است. برخی تلاش محققان به ارائه جوامع انسانی با پشتیبانی خودکار برای بحث، توافق، و شور و مشورت اختصاص داده شده است، مانند پلتفرم ساختمان [9]، یک پیاده‌سازی اولیه از گسترش فرآیند نوآوری ساختار شور و مشورت مشخص شده است. به عبارت دیگر، هدف تعریف فضای همکاری معنایی وب با هدف ن‌هایی ترویج تصمیم‌گیری گروهی است [5]. تکنیک های ارائه شده از شور و مشورت

جمعی می‌تواند به عنوان ابزار ارزشمند برای بهبود عملکرد پروتکل در شرایط غیرمتمرکز شامل بازیگران ناهمگن در نظر گرفته شود.

اجماع معنایی نیز در وب معنایی مورد بررسی قرار گرفته است، که با یک سطح از عدم تجانس قابل مقایسه با زمینه‌ی ما است. در [167]، یک روش برای رسیدن به توافق از طریق یک مدل فازی در رای‌گیری داده‌های مورد تفسیر متناقض از وب برای حل مسائل باز در نقشه برداری هستی‌شناسی ارائه شده است [168] [169]. در [170]، مفهوم غیبت معنایی به عنوان یک راه امیدوار کننده برای آشتی ناهمگن از نظر معنایی معرفی شده است. کار بیشتری برای ترویج قابلیت همکاری جهانی از نگاشت محلی انجام گرفته است (برای مثال رجوع کنید به [171]، [167]، [172]) همچنین ثابت شده که موفقیت‌آمیز است. حتی اگر تلاش بسیاری برای ایجاد استراتژی پیچیده مربوط به جفت و یا طرحواره هستی‌شناسی صورت می‌گرفت (برای بررسی به [10] مراجعه کنید)، که هنوز از چگونگی یکپارچه سازی معنایی سیستم که می‌تواند تکامل و یا مشخص شود دور است.

به‌همین دلیل، پیشنهاد می‌کنیم برای اجماع بر روی داده‌های معنایی هر دو سناریو تنظیمات، از طریق توسعه و استنتاج بر اطلاعات جمع‌آوری شده جستجو کنید. استنتاج اصلی باید به سوالات زیر پاسخ دهد:

1. چگونه آیتم‌های ناهمگن می‌توانند بر روی یک مدل منحصر به فرد برای نمایش اطلاعات موافق باشد؟
2. چگونه از تشخیص در تنظیمات تلفیقی برای پیش‌بینی سناریو و کمک به تعریف یک مدل کسب و کار موثر برای فرآیندها حمایت کنیم؟
3. چگونه به تنظیمات سناریو از داده‌های جمع‌آوری شده پی ببریم؟
4. چگونه تنظیمات موثر بین استنباط و تنظیمات سناریو تلفیقی را شناسایی کنیم؟

استدلال بر داده‌های اینترنت اشیا یک چالش باز است [173]، که برای اتخاذ یک فرمول مبتنی بر دانش ایجاد انگیزه می‌کند. بیشتر روش‌ها برای استدلال روی تشخیص داده‌ی اینترنت اشیا نقش حیاتی میان تشخیص، اقدام و ایجاد قابلیت همکاری دارد [174] [175]. با این وجود، ویژگی‌های اصلی این پیش‌بینی سناریو پاسخ داده می‌شود. بنابراین روش‌های خاصی برای برنامه‌های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا باید درک شود.

3.4. امنیت اینترنت اشیا

امنیت یک مسئله حیاتی است که مانع از استفاده‌ی گسترده از اینترنت اشیا و فن‌آوری و برنامه‌های کاربردی آن است، به‌طور گسترده‌ای در [16] بحث شده است. به‌همین دلیل، این مقاله اظهار می‌دارد که بحث کامل در مورد چالش‌های امنیتی برای ساخت پارادایم معتبر اینترنت اشیا، به‌ویژه در برنامه‌های کاربردی رباتیک مورد نیاز است. که به‌طور خاص، به سوالات زیر پاسخ صریح باید داده شود:

1. چگونه داده‌ها در یک محیط که در آن حتی اشیاء (تلفن همراه) برای دسترسی به داده مجاز هستند تضمین شود؟

2. چگونه تمام نهاد‌های اساسی اینترنت اشیا و روابط آن‌ها را برای مقابله با مسائل مربوط به حریم خصوصی مدل‌سازی کنیم؟

3. چگونه اعتماد را در یک محیط پویا و انعطاف‌پذیر بدون ایجاد روابط میان بازیگران مدیریت کنیم؟
به‌عنوان مثال، انتشار واقعی برنامه‌های کاربردی رباتیک مراقبت‌های بهداشتی به‌کمک اینترنت اشیا (به بخش 2 نگاه کنید) نیاز به طراحی و اتخاذ یک چارچوب امنیتی تعریف شده برای اجرای کنترل دسترسی و تشخیص ربات به‌منظور جلوگیری از رفتار مخرب داریم، که واقعا برای سلامت انسان خطرناک است. علاوه بر این، به‌منظور کنترل موثر داده‌های حساس سلامتی، حریم خصوصی بیماران باید به شدت محافظت شود. یکی دیگر از نمونه‌ها به سناریوهای نظامی اشاره دارد که در آن نیاز به امنیت و حریم خصوصی یک اولویت محسوب می‌شود، با توجه به نقش بسیار مهم صداقت و اعتماد در اطلاعات: اگر یک کاربر غیر مجاز به اطلاعات دسترسی پیدا کند، امنیت تمام ملت‌ها می‌تواند به خطر بیافتد.

در مورد قابلیت اعتماد داده‌ها، کنترل دسترسی مبتنی بر وظیفه (RBAC) یک رویکرد تلفیقی است که ویژگی‌های محیط رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا را به‌درستی منطبق می‌کند [176]. مزیت اصلی RBAC، در یک چشم‌انداز اینترنت اشیا است، واقعیت این است که دسترسی می‌تواند به صورت پویا با تغییر نقش وظایف ویرایش شود. اینترنت اشیا نیاز به معرفی شکل جدیدی از راه‌حل به سبک RBAC دارد، به‌ویژه با توجه به اینکه داده‌های اینترنت اشیا جریان دسترسی در زمان واقعی را به‌جای اینکه در پایگاه داده‌های استاتیک [177] ذخیره شود، نشان می‌دهد. کارهای پیشین چند طرح را پیشنهاد می‌کنند که به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌شود: کسانی که

هدف حصول اطمینان از صحت، قابلیت اعتماد و یکپارچگی جریان داده‌ها در زمان انتقال را دارند [178] [179]، و کسانی که مربوط به کنترل دسترسی هستند. تا آنجا که کنترل دسترسی جریان داده‌ها در نظر گرفته است، مکانیسم‌های محافظت در برابر دسترسی غیرمجاز به جریان داده‌های به‌تازگی بررسی شده است. تحقیقی در [180] یک مدل برای گسترش RBAC برای حفاظت از جریان داده‌ها از دسترسی‌های غیر مجاز پیشنهاد داده است، اما مسائل زیادی هنوز برای حل شدن وجود دارد. نکته اصلی پیدا کردن راه‌حل‌هایی برای بررسی هویت ربات و مجوز پردازش مربوط به آنها به شیوه‌های امن است. اگر چه مدیریت هویت کاربران یک موضوع برای بررسی دقیق‌تر است، مدیریت هویت ربات تعداد مسائلی که با آن برخورد می‌کند افزایش می‌دهد. یک نقطه شروع می‌تواند با مفهوم نمایندگی فدراسیون نشان داده شود [182]، تشکر می‌کنیم از کسی که بتواند بین تشخیص ویژگی هویت اختصاص داده شده به روبات و یا کاربران تمایز قائل شود. در چارچوب ما، نه تنها کاربران، بلکه اشیاء/روبات مجاز نیز ممکن است به داده دسترسی داشته باشند. این نیاز به نشان دادن دو جنبه‌ی مهم دارد: اول، تعریف یک مکانیزم کنترل دسترسی، و دوم، تعریف یک فرآیند احراز هویت شی (با یک سیستم مدیریت هویت مربوط) [183]. یکی دیگر از چالش‌های اساسی اینترنت اشیا با مسائل خصوصی [184] ارائه شده است. دلیل اصلی که باعث می‌شود حریم خصوصی یک نیاز اساسی اینترنت اشیا باشد حوزه‌ی کاربرد رباتیک به کمک اینترنت اشیا و فن‌آوری‌های بی‌سیم است. یک تعداد از چارچوب‌ها به منظور رسیدگی به مسائل خصوصی در مرحله‌ی طراحی سیستم، مانند Kaos [185]، [187] [186] PRIS، GBRAM، NFR هستند. توسعه پیاده‌سازی در زمینه ما از تعریف یک مدل عمومی بهره می‌برد. به‌طورکلی، قادر به نمایش تمام نهاد‌های اساسی اینترنت اشیا و روابط آنها، و به حساب آوردن نیازهای مقیاس‌پذیری، محیط پویا و دسترسی به کنترل جریان داده‌ها است. در ن‌هایت، توانایی دید الزامات به‌شدت به مدیریت هویت و مسائل کنترل دسترسی مرتبط است، همانطور که در بالا مورد بحث قرار گرفت. در حال حاضر، تعداد محدودی از راه‌حل‌ها در دسترس هستند [190] [191]، حتی اگر نیازهای محاسباتی خود و به خود بالا باشند. بسیاری از مسائل باز باید در جهت توسعه موثر خدمات اینترنت اشیا باشند [192]. اول، تعریفی از گواهی پذیرفته شده در سطح جهانی باید با تعدادی از نیازمندی‌ها که یک گواهی اینترنت اشیا سازگار است، نشان داده شود. علاوه بر این، لازم است یک زبان مذاکره اعتماد موثر، کامل و انعطاف‌پذیر قادر به پاسخگویی به نیازها باشد. به عبارت دیگر، ما نیاز به حرکت از روش متمرکز و کلاسیک که بیشتر مطابق راه‌حل‌های مدیریت

اعتماد هستند، به سمت روش های توزیع و پویا که در آن روابط اعتماد میان بازیگران در سیستم فرض شده است. علاوه بر این، یک چارچوب جدید برای مدیریت اعتماد باید به منظور برآورده کردن نیاز های مقیاس پذیری که در سطوح مختلف افزایش می یابد، از جمله نامگذاری و پرداختن به اطلاعات مدیریت دانش و تأمین خدمات معرفی شود.

4. امکان سنجی معماری ارائه شده

ما نمی توانیم جایگاه این مقاله را بدون پاسخ به این پرسش مهم نتیجه گیری کنیم: آیا فن آوری های فعلی به اندازه کافی به برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا اجازه ی تولید می دهند؟ با توجه به ویژگی های ربات انتشار یافته (بخش 4.1) و دستگاه های اینترنت اشیا (بخش 4.2 را ببینید)، در ادامه ما سعی خواهیم کرد به این پرسش با اشاره به سناریو های به تصویر کشیده در شکل 2 پاسخ دهیم. علاوه بر این، برای ارائه یک مثال عملی، یک مرجع مورد استفاده ارائه شده است، که در آن اینترنت اشیا و ربات به طور مشترک برای مدیریت خدمات پیشرفته در فرودگاه به کار برده شده است.

4.1. ربات های موجود

در زمان نوشتن این مقاله، چندین ربات موجود، برای یک طیف گسترده های از برنامه های کاربردی طراحی شده است.

با توجه به [20]، ربات ها به دو دسته اصلی تقسیم می شوند: خدمات رباتیک و زمینه ی رباتیک. رده ی سابق انسان نما و ربات های خانگی بود که وظایف حمایتی را برای انسان اجرا می کرد (به عنوان مثال، داخلی، دستیاران تحرک شخص، تمیز کردن و تحویل).

از سوی دیگر، ربات های گروه های دسته دوم همه تصور به کار در محیط های نامحدود و بدون ساختار (معمولا خارج از منزل)، در یک طیف گسترده های از شرایط عملیاتی و محیط زیست داشتند. ربات میدان بیشتر به عنوان ربات زمین، ربات های هوایی و ربات دریایی تقسیم بندی شده اند. نمونه های معمولی ربات هایی برای کشاورزی و جنگلداری، برای فعالیت های صنعتی و نظامی، و برای عملیات جستجو و نجات هستند.

جدول 2 چشم‌اندازی فوری در مهم‌ترین پیشنهاد تجاری محصولات متعلق به هر دو گروه خدمات رباتیک و رباتیک میدانی است. با شروع از شرح ویژگی‌های اصلی، که می‌تواند به صراحت از برگه‌های اطلاعات ارائه شده توسط کارخانه نشان داد (و آزادانه از هر یک از وب‌سایت‌های مربوطه دریافت شده است)، ما سناریو‌هایی را که در آن ممکن است به طور عمده استفاده شود مشخص خواهیم کرد.

دسته‌ی انسان‌نما متشکل از دستگاه‌هایی است که شبیه بدن انسان ساخته شده است، مانند PR2 [195]، و REEM [194]. آن‌ها مهم‌ترین محصولات در منطق‌های از روبات‌های داخلی Care-O- [195] Peoplebot، یا [196]bot، همانند تمام دستگاه‌های توسعه‌یافته توسط Robosoft [197] هستند. آنها از مکانیک فوت و یا پایگاه‌های موبایل برای حرکت مستقل در داخل یک منطقه خاص استفاده می‌کنند. علاوه بر این، بازوها، چنگ، دوربین، مانیتور صفحه نمایش لمسی و حسگرها به تعامل بهتر با هر چیزی (یا هرکسی) در محیط اطراف به‌کار می‌رود. این روبات یک پشتیبانی بزرگ برای تمام برنامه‌های کاربردی که نیاز به تعامل انسان و ربات دارند پیشنهاد شده است و عمدتاً به فعالیت در محیط داخلی اختصاص داده شده است، در نتیجه مراقبت‌های بهداشتی، کاربرد های صنعتی و ساختمانی را پوشش می‌دهد. با این وجود، زمانی که حمل و نقل اشیاء مورد نیاز است، لازم است ربات‌های موبایل داخل، مانند TurtleBot [193] و سایر محصولات مشابه به کسانی که توسط Neobotix توسعه یافته است [198].

از سوی دیگر، کاربرد‌های نظامی، سیستم‌های مدیریت امداد و نجات و انواع دیگری از فعالیت‌های حیاتی در فضا های باز (مانند، مدیریت شبکه‌های انرژی و گیاهان)، ربات‌های مختلف مورد نیاز برای رسیدگی به فعالیت‌های بر روی زمین (Husky [199]، Pineer 3-AT، Seekur [195]، Guardian [200]، در هوا Quadrotor [201] و یا در آب Kingfisher [199]).

برای همه‌ی روبات‌های فوق، تجهیزات اضافی (سنسور و دوربین) برای جمع‌آوری اطلاعات بیشتر از محیط زیست اقتباس شده است، از جمله وجود موانع، انسان و اشیاء و غیره (جدول 3 را ببینید).

Table 2: Robots enabling the envisaged IoT-aided robotics applications

Type	Technologies		Applications			
	Model	Description	health-care	industrial and building	military	rescue systems
Humanoid & Domestic robots	Adept MobileRobots Peoplebot	Support for human-robot interaction activities and other tasks concerning telepresence, robot vision, tourism, monitoring and control, and education.	x	x		
	Fraunhofer IPA Care-O-bot 3	Assistance of humans in their daily life.	x	x		
	Willow Garage PR2	Support of human activities at work and home (including the assistance of disabled and elderly people).	x	x		
	PAL Robotics REEM	Support of human activities in a wide range of indoor environments (i.e., hotels, museums, industry, shopping malls, airports, hospitals, care centers).	x	x		
	Robosoft Robulab family	Control of home infrastructure, recognition of surroundings, communication with medical and public facilities, supervision of vital signs, generation of emergency calls, lifting and carrying of humans.	x	x		
Ground mobile robots	Turtlebot	Multi-purpose mobile structure for indoor applications.	x	x		
	Neobotix mpo family	Autonomous transportation systems in industrial environments.		x		
	Clearpath Robotics Husky, Robotnik Automation Guardian, Adept MobileRobots Pioneer 3-AT, Adept MobileRobots Seekur	General purpose robots. They can move on a wide spectrum of surfaces and bear high payloads. Each device can be customized with sensors, grippers, and GPS interfaces.			x	x
Flying robots	AscTec Quadrotor	Environment control and monitoring.			x	x
Marine robots	Clearpath Robotics Kingfisher	Control of marine areas and transportation of objects and humans.			x	x

ما توجه داریم که عملیات ربات همچون الگوریتم های پردازش داده ها و روش ها، باید با توجه به برنامه مورد نظر تعریف و سفارشی شود. این امکان به لطف برنامه ریزی سطح بالایی از سخت افزار است. در این رابطه، چارچوب نرم افزار انتشار یافته، برای برنامه نویسی رفتار های ربات، سیستم اجرایی ربات (ROS) [202] و استودیو توسعه ی رباتیک میکروسافت هستند [203]. این چارچوب های نرم افزاری، شبیه به پلیر/ مرحله ROS [204] قادر به ادغام چندین دستگاه و ماژول جهت ارائه ی معماری انعطاف پذیر و قابل استفاده ی مجدد است. این سیستم در مورد یک ربات تنها کاملا انعطاف و قوی است، که در آن ارتباط بین سنسورها، رله و واحد پردازش مختلف معمولاً سیمی و قوی است. با این حال، یکی از محدودیت های این چارچوب این است که به صراحت برای چند عامل و سیستم های شبکه طراحی شده است. از سوی دیگر، تعدادی از چارچوب های نرم افزاری مناسب برای سیستم های چندعامله [205، 206] طراحی شده است. با این حال، در حالی که این سیستم از ابزار های قدرتمند برای

تحقق محیط شبیه‌سازی است، ممکن است این بهترین انتخاب برای برنامه‌های کاربردی رباتیک در دنیای واقعی است. ادغام سیستم‌های واقعی چندرباتی با سخت‌افزار اینترنت اشیا هنوز هم یک چالش باز است.

4.2. فن‌آوری‌های اینترنت اشیا موجود

چندین دستگاه ممکن است مانند اشیاء هوشمند در حوزه اینترنت اشیا عمل کند. فن‌آوری دستگاه‌های RFID در حال حاضر برای تشخیص خودکار از تگ‌های متصل به اشیاء تشکیل شده است [207]. آنها می‌توانند به‌طور گسترده در تمام برنامه‌های کاربردی استفاده شوند که در بخش 2 برای حمایت از عملیات ردیابی بحث شده است. با توجه به انتشار گسترده‌ی فن‌آوری تلفن همراه در زندگی روزمره ما [208]، تلفن همراه و تبلت‌ها، بدون شک، ابزار معتبری هستند که انسان‌ها می‌توانند به‌طور فعال با همه چیز و همه در اطراف خود در تعامل باشند.

Table 3: Additional robot equipment enabling the envisaged IoT-aided robotics applications

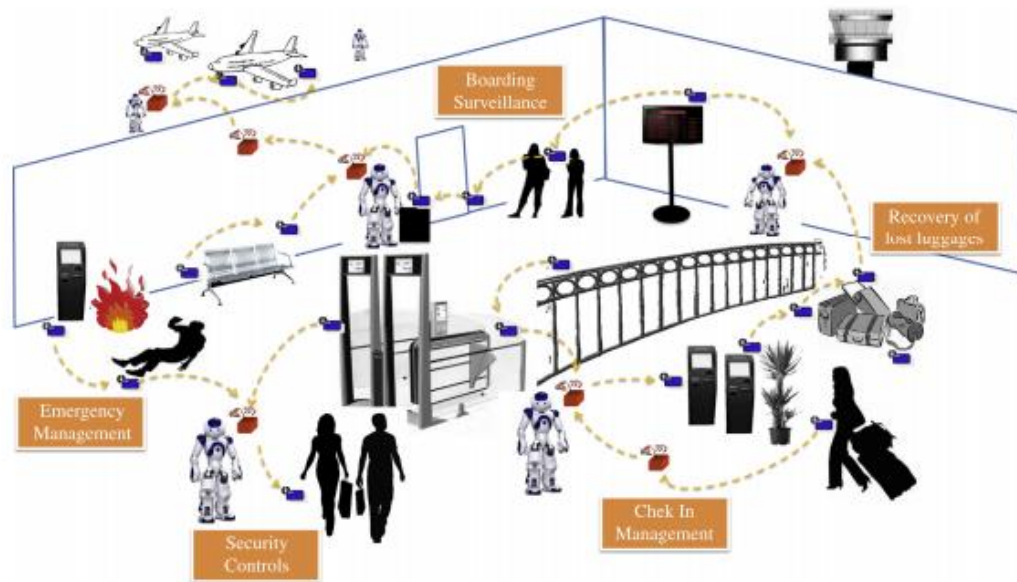
Type	Model	Description
2D Laser Range Finder	Hokuyo Scanning range finder	Environment recognition, detection of human body size and position, identification of invaders and obstacles
	SICK Laser LMS-2xx	Area monitoring, identification, classification, and control of size, nature and position of objects
3D sensors	Mesa Imaging Swiss-Ranger	Real-time generation of high quality 3D images through the time-of-flight distance measurement principle
	Microsoft Kinect	Identification of people motion
	Forecast 3D Laser	Detection and avoidance of obstacles during navigation
Cameras	IEEE 1394 digital cameras	Capture and processing of stereoscopic images
	PointGrey stereo cameras	Capture and processing of stereoscopic images
	Videre stereo camera	Capture and processing of stereoscopic images
RFID	UHF RFID Reader	Identification of objects and people
Meteorological sensor	Gill Windsonic wind sensor	Identification of wind speed and direction
Pose Estimation	Applanix POS-LV imu/GPS interface	Measurement of position and pose, even under the most difficult GPS conditions

با این وجود، برای ساخت یک معماری کامل اینترنت اشیا، لازم است سیستم‌عامل‌های پیچیده‌تر برای شبکه‌های مش کم‌قدرت معرفی شوند. توسط توزیع ذرات کم‌قدرت در یک محیط فراگیر، ممکن است ارتباطات میان اشیاء، ماشین‌آلات، ربات‌ها و انسان‌ها و غیره تضمین شود.

ویژگی های اصلی ذرات از پا افتاده در جدول 4 خلاصه شده است [209]. توجه داشته باشید که هر یک از آنها می تواند به طور بالقوه در تمام سناریو های رباتیک به کمک اینترنت اشیا به تصویب برسد که در بخش 2 بیان شده است، حتی اگر یک انتخاب معقول از نظر بار محاسباتی با توجه به برنامه مورد نظر بسیار مطلوب باشد.

4.3. مرجع مورد استفاده: خدمات رباتیک اینترنت اشیا در فرودگاه

برای ارائه نمونه های واقعی برای ایده ها و مفاهیم مورد بحث در این مقاله، به تاسیسات فرودگاه توجه می کنیم، که می تواند به عنوان یک هدف کلی سناریو در نظر گرفته شود که در آن برنامه های رباتیک مختلفی به کمک اینترنت اشیا می تواند اجرا شود.



شکل 2: use-case فرودگاه

شکل 2 محیط مربوطه را نشان می دهد، که در آن فرض ما اعلام حضور مدیریت، اضطراری، کنترل امنیت، عملیات شبانه روزی و خدمات از دست رفته است. اینها فقط نمونه های کلیدی از دسته کلانی از برنامه های کاربردی رباتیک به کمک اینترنت اشیا هستند که در بخش 2 ذکر شدند.

در ادامه، جزئیات مورد استفاده از نظر بازیگران، فرآیندها و چالش های نوظهور نشان داده شده است.

بازیگران درگیر در use-case فرودگاه. سناریوی نشان داده شده در شکل 2 نتایج حاصل از تعامل بازیگران

زیر است:

• ذرات در فضای فرودگاه پراکنده شده‌اند (برای مثال، صندلی و نزدیک نیمکت‌ها، گیاهان، چراغ‌ها، پله و آسانسور، بر روی چمدان و غیره)، ایجاد یک زیرساخت شبکه اینترنت اشیا فراگیر است. برخی از آن‌ها داده، دستور، اطلاعات و پیام‌های هشدار را تولید می‌کنند. دیگران فقط به مسیریابی پیام‌هایی که در میان اشیاء و روبات‌ها در فرودگاه رد و بدل می‌شود رسیدگی می‌کنند. هطورکلی، خدمات مختلف قادر به مدیریت انواع مختلفی از داده‌ها هستند. به‌عنوان مثال: (1) برنامه‌های کاربردی برای تشخیص و مدیریت شرایط اضطراری (نشت آب و گاز) نیاز به حس داده در مورد دما، فشار و رطوبت، در میان دیگران دارند. (2) عملیات شبانه‌روزی اشیاء هوشمند باید اطلاعات در مورد تعداد مردم در یک منطقه از فرودگاه و یا در هواپیما را داشته باشند؛ و (3) برنامه‌های کاربردی چمدان با ذرات نصب شده بر روی چمدان برای ارائه جزئیات بیشتر در مورد صاحب آن و پرواز مطابقت دارد. بدون از دست دادن کلیت، دستگاه‌های وقف با بهترین قابلیت ذخیره‌سازی و محاسباتی را انتخاب کنید، یعنی OpenMote STM (جدول 4 را ببینید)، و توجه داشته باشید که، با توجه به محدودیت‌های قدرت و محاسباتی، این ذرات ممکن است در میان یکدیگر از طریق یک فن‌آوری بی‌سیم برای درک قدرت کم و با تلفات شبکه (LLN)، مانند IEEE 802.15.4e. ارتباط برقرار کنند.

• مسافران و اپراتورها. آنها به سیستم کلی متصل هستند و در خدمات اجرایی از پایانه‌های تلفن همراه خود شرکت می‌کنند (که بخش جدایی‌ناپذیر اینترنت اشیا است). بنا به اختلاف ذرات فوق، ممکن است این دستگاه با سیستم از طریق فن‌آوری‌های بی‌سیم قوی‌تر، از قبیل وای‌فای، وایمکس و LTE ارتباط برقرار کند

• تجهیزات و دستگاه‌های شبکه عمومی. تعدادی از قطعات ناهمگن از تجهیزات و دستگاه‌های شبکه (از جمله بررسی ماشین‌آلات، نمایش، کامپیوترها، سرور) ممکن است از طریق هزاران فن‌آوری سیمی و بی‌سیم به محیط زیست متصل شود، و متعلق به دامنه اینترنت اشیا باشد.

• روبات. برخی از روبات‌ها در محیط‌های توزیع شده به انجام وظایف مدیریت، کنترل، نظارت، بازرسی، امداد و نجات مشغول هستند. ربات‌های انسان‌نما (مانند ربات PAL رباتیک REEM که در جدول 2 شرح داده شده است) ممکن است برای مسئولیت رسیدگی به وظایف حمایت آسان انسان، مانند کمک به مسافران در طول عملیات شبانه‌روزی انتخاب شود. یک تیم متشکل توسط ربات انسان‌نما و ربات پرواز قادر به نظارت و کنترل امنیت خدمات است. این وظایف می‌تواند به هر یک از اعضای همان‌طور که شرح می‌دهیم اختصاص یابد: (1) ربات‌های انسان‌نما

برای نظارت بر فعالیت انسان در منطقه مرجع خود هستند (در این مورد مدل ارائه شده در جدول ممکن است استفاده شود) (2) ربات پرواز (به عنوان مثال، quadrotor AscTec در جدول 2) اطلاعات پرواز را ضبط می کند، در نتیجه قادر به ارائه تصویر بزرگ از آنچه اتفاق می افتد است. یک تیم از روبات زمین ممکن است برای حرکت بارها (چمدان، صندلی، صفحه نمایش و غیره) در فرودگاه مورد استفاده قرار گیرد. از جمله وظایف را می توان توسط ربات با هدف کلی با بازو و انگشت مانند مدل ارائه شده در جدول 2 باشد. علاوه بر این، با اشاره به گزینه های طراحی تفصیلی تاکنون، نیاز به استفاده از تمام قطعات اضافی از تجهیزات به منظور حصول اطمینان برخی توانایی های مهم در یک ربات در جدول 3 آمده است. به طور خاص، همه ی روبات ها باید قادر به تشخیص حضور مردم و حرکات آنها، برای شناسایی اشیاء با ویژگی های خاص، برای تصرف و پردازش هر نوع تصویر و برای به دست آوردن اطلاعات در مورد موقعیت اشیاء و مردم باشند.

فرآیندهایی که قادر به پیش بینی برنامه های کاربردی است. در سیستم ناهمگن در نظر گرفته شده، روبات ها، گره های اینترنت اشیا و انواع دستگاه های موجود در فرودگاه باید با یکدیگر برای ارائه برنامه های کاربردی خاص ارتباط برقرار کنند.

بدون از دست دادن کلیت، یک نمونه فرآیند پارادایم رباتیک مورد استفاده در فرودگاه: مربوط به عملیات شبانه روزی است. وقتی یک مسافر به فرودگاه می رسد بلافاصله یک عنصر از سیستم می شود. او شروع به استفاده از تلفن همراه خود برای به دست آوردن طیف گسترده های از اطلاعات مفید (به عنوان مثال، زمان سوار شدن، رستوران های در دسترس، خرید و غیره) و تکمیل عملیات ورودی می کند. در همان زمان، چمدان او، با ذرات خاصی مجهز می شود، حضور آن ها با سیستم توسط لینک های ارتباطی با نرخ پایین ارتباط برقرار می کند (به عنوان مثال، طرح ارتباط معمول در یک LLN). بعد از اجرای بررسی های امنیتی، سیستم تایید مسافر و چمدان، موقعیت آن ها را تشخیص می دهد و چنین اطلاعاتی را به ربات در حال حرکت در فرودگاه و اشیاء هوشمند پخش شده در اطراف منتشر می کند. چنین ربات هایی ممکن است، به عنوان مثال، چمدان مسافر را بگیرد، و مسافر را به سمت مناطق خاص هدایت کند. برای این منظور، ربات ها همیشه با بقیه اشیاء فرودگاه در ارتباط هستند و مسافر تنها نتایج (از نظر ارائه خدمات) از تعامل فشرده در میان اشیاء را درک می کند.

چالش مشخص شده. هنگامی که اشیاء هوشمند و روبات‌ها در سناریویی که قبلاً توضیح دادیم کنارهم قرار می‌گیرند مسائل مورد بررسی در بخش 3، مرتبط به فن‌آوری های ارتباطی کوتاه برد، خدمات مبتنی بر معنا و نظریه اجماع، اطلاعات شبکه محور و امنیت بوجود می‌آیند.

اول، طراحی یک پشته پروتکل که قادر به ارائه پیام به شیوه های امن درون شبکه اینترنت اشیا و در میان اشیاء هوشمند و روبات‌ها است، درحالی که تضمین بالای ارتباطات موثر از پهنای باند، انرژی و نقطه نظر محاسباتی مورد نیاز است.

تعامل میان دستگاه‌ها دو چالش مهم‌تر باز می‌کند. نگرانی سابق انتخاب پارادایم ارتباطی برای تعامل بین هر نوع از اشیاء و ربات بود. به عنوان یک واقعیت، بسیاری از پروتکل های مختلف MAC / PHY می‌تواند به قابلیت های قدرت و محاسبات دستگاه های شبکه وابسته باشد. به طور خاص، از یک طرف، وای‌فای در بسیاری از مناطق فرودگاه امروزه در دسترس است و آن یک راه‌حل برای ارائه اتصال به اینترنت به تلفن های هوشمند، تبلت، نوت بوک، دستگاه های دستی به میزان وسیع است. از سوی دیگر، آن به خوبی شناخته شده است [2,4,16] که ذرات جاسازی شده در اشیاء هوشمند می‌تواند منجر به محدودیت در مصرف برق شود، که با قدرت سیستم های وای‌فای سازگار نیست. در کوتاه مدت، قابلیت همکاری میان چندین فن‌آوری مختلف می‌تواند میزبان محور باشد (همانگونه که در بخش 3.1 بیان شد) در لایه‌ی شبکه (به‌عنوان مثال، از طریق IPv6) و یا در لایه کاربرد (به‌عنوان مثال، از طریق میان افزار استاندارد ETSI به عنوان M2M). در یک چشم انداز بلند مدت، محدودیت های روش های میزبان محور (به‌عنوان مثال، پشتیبانی ضعیف تحرک و امنیت) با بهره‌برداری از فرصت های جدید در حال ظهور همراه غلبه بر اطلاعات پارادایم شبکه محور انجام می‌شود [210].

چالش دوم، تعریف راهی منحصر به فرد برای نشان دادن داده است، در نتیجه حصول اطمینان از همکاری کامل بین بازیگران شبکه در تمام شرایط ممکن آنها را مجبور به مقابله با آنها می‌کند.

روبات‌ها، مسئول وظایف استدلال های خاصی هستند، بهره‌برداری از محتوای آموزنده‌ی پیام که در داخل شبکه رد و بدل می‌شود. که برای هماهنگی فعالیت‌ها و بهینه‌سازی توانایی های خود لازم است. با توجه به، به عنوان مثال، برای از دست ندادن خدمات مدیریت چمدان، باید از حرکت بیش از یک روبات به سوی یک چمدان داده

شده برای اجرای عملیات اجتناب شود. بدین ترتیب، استراتژی برای انتساب وظایف پیچیده‌ی توزیع‌شده (مانند خدمات دوربین مداربسته) در میان روبات‌ها نیاز به طراحی دارد.

در نهایت، ما نیاز به حصول اطمینان در سطح خوبی از امنیت در ارتباطات داریم. به منظور دستیابی به چنین هدفی، ما نیاز به بررسی یک مکانیسم جدید کنترل دسترسی، به همراه احراز هویت ربات، که به‌شدت وابسته به تعریف و مدیریت هویت ربات است. همچنین، معرفی الگوریتم‌های خاص ما را قادر می‌سازد قابلیت اعتماد داده‌ها و تمامیت پیام مورد نیاز، همراه با روش‌های پیچیده‌تر و دستگاه‌های غیرقابل اطمینان و شناسایی ربات و مهار نقش آنها را در کل سیستم حفظ کند.

جمع‌بندی دقیق‌تر مورد استفاده نشان می‌دهد که، با وجود تکنولوژی موجود، اجرای برنامه‌های کاربردی رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا بایستی حمایت شود، تعدادی از مسائل قبل از تبدیل معماری به یک واقعیت باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

5. نتیجه‌گیری

5.1. پایان سخن

در این مقاله، جایگاه مسائل اصلی برنامه‌های کاربردی رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا، با اشاره خاص به تکنولوژی و مفاهیم و اهدافی که می‌تواند حمایت کند بررسی کردیم. بررسی کامل کارهای گذشته در اصل پژوهش ارائه شده است، چگونگی چندرشت‌های و ناهمگن بودن دانش مورد نیاز برای مقابله با این موضوع جدید و به چالش کشیدن آن نشان داده شده است. ما همچنین در مورد امکان‌سنجی این کار تحقیقاتی، شواهدی ارائه کردیم که در حال حاضر فن‌آوری قادر به حمایت از توسعه و انتشار کاربردها رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا است. با این وجود، به‌طور کامل از پتانسیل فن‌آوری‌های پیشرفته در سال بعد بهره‌برداری خواهد شد، تلاش‌ها در هر دو پروتکل و برنامه‌های کاربردی طراحی به منظور رسیدگی به مسائل مربوط به ارتباطات فن‌آوری کوتاه برد، خدمات مبتنی بر معنا و تئوری اجماع، محور اطلاعات شبکه و امنیت مورد نیاز است. محققان در حال تلاش برای رسیدن به راه‌حل‌های موثر در به چالش کشیدن بحث در این مقاله و پیش‌بینی رباتیک به‌کمک اینترنت اشیا به‌عنوان یک واقعیت در آینده هستند.

5.2. درس های آموخته شده

درس های آموخته شده از این مقاله به طور عمده مربوط به دامنه پژوهش زیر است: شبکه های ارتباطی، برنامه های کاربردی رباتیک در محیط توزیع و فراگی، روش معناگرا و امنیت شبکه. برای هر یک از آنها، چالش برانگیزترین موضوعات وجود دارد. با اشاره به شبکه های ارتباطی، معماری اینترنت اشیا اطلاعات محور همراه با پروتکل های خود پیکربندی ارزش تحقیق و بررسی بسیاری دارد. علاوه بر این، مفهوم شرایط ناهمگن در تیم، از جمله روبات ها و انسان، برای فعال کردن برنامه های کاربردی رباتیک در محیط های توزیع و فراگیر با مسئله حیاتی مواجه است. طراحی مدل های معنایی مبتنی بر اطلاعات جمع آوری شده توسط انواع مختلفی از زمینه ها می تواند در ایجاد استراتژی توزیع اجماع کمک کند، بنابراین، یکی دیگر از چالش های محوری تحقیقات بدست می آید. تعریف شکل اولیه ای امنیتی نشان دهنده ی سنگ بنای کل رباتیک جهان به کمک اینترنت اشیا است، زیرا تحت این ارزیابی می تواند شانس گسترش این تکنولوژی جدید در بازار را داشته باشد.

References

- [1] B. Emmerson, M2M: the Internet of 50 billion devices, Huawei Win-Win Magaz. J. (4) (2010) 19–22.
- [2] M.R. Palattella, N. Accettura, X. Vilajosana, T. Watteyne, L.A. Grieco, G. Boggia, M. Dohler, Standardized protocol stack for the internet of (important) things, vol. 15, Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 2013, pp. 1389–1406.
- [3] A. Ghodsi, S. Shenker, T. Koponen, A. Singla, B. Raghavan, J. Wilcox, Information-centric networking: seeing the forest for the trees, in: 10th ACM Workshop on Hot Topics in Networks, HotNets-X, 2011, pp. 1–6.
- [4] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The internet of things: a survey, Comp. Netw. 54 (15) (2010) 2787–2805.
- [5] O. Scheuer, F. Loll, N. Pinkwart, B.M. McLaren, Computer-supported argumentation: a review of the state of the art, Int. J. Comp.-Supp. Collab. Learn. 5 (1) (2010) 43–102.
- [6] E. Guizzo, E. Ackerman, The rise of the robot worker, IEEE Spect. 49 (10) (2012) 34–41.
- [7] V. Jacobson, D.K. Smetters, J.D. Thornton, M.F. Plass, N.H. Briggs, R.L. Braynard, Networking named content, in: Proceedings of the 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, 2009, pp. 1–12.
- [8] S.T.D. Lagutin, K. Visala, Publish/Subscribe for Internet: Psirp Perspective, Towards the Future Internet, IOS Press, 2010. 75–84.
- [9] G. Anadiotis, K. Kafentzis, I. Pavlopoulos, A. Westerski, Building consensus via a semantic web collaborative space, in: 21st International Conference Companion on World Wide Web, 2012, pp. 1097–1106.
- [10] E. Rahm, P.A. Bernstein, A survey of approaches to automatic schema matching, The VLDB J. 10 (4) (2001) 334–350.
- [11] Y. Huang, Y. Hua, On energy for progressive and consensus estimation in multihop sensor networks, IEEE Trans. Sig. Process. 59 (8) (2011) 3863–3875.
- [12] J.H. Jung, S. Park, S.-L. Kim, Multi-robot path finding with wireless multihop communications, IEEE Commun. Magaz. 48 (7) (2010) 126–132.
- [13] H. Chung, S. Oh, D. Shim, S. Sastry, Toward robotic sensor webs: algorithms, systems, and experiments, Proc. IEEE 99 (9) (2011) 1562–1586.

- [14] L. Dunbabin, M. Marques, Robotics for environmental monitoring, *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 19 (1) (2012) 20–23.
- [15] X. Li, R. Falcon, A. Nayak, I. Stojmenovic, Servicing wireless sensor networks by mobile robots, *IEEE Commun. Magaz.* 50 (7) (2012) 147–154.
- [16] D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini, I. Chlamtac, Survey internet of things: vision, applications and research challenges, *Ad Hoc Netw.* 10 (7) (2012) 1497–1516.
- [17] D. Evans, *The Internet of Things, How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything*, April 2011.
- [18] R.v.K.F. Michahelles, M. Waibel, Enlisting Robots. Once Robots are Integrated into the Internet of Things, They Can Perform Tasks Automatically .
- [19] M. Waibel, M. Beetz, J. Civera, R. D’Andrea, J. Elfring, D. Galvez-Lopez, K. Haussermann, R. Janssen, J. Montiel, A. Perzylo, B. Schiele, M. Tenorth, O. Zweigle, R.D. Molengraft, *Roboearth*, *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 18 (2) (2011) 69–82.
- [20] O. Siciliano, B. Khatib, *Springer Handbook of Robotics*, Springer, 2008.
- [21] H. Furtado, R. Trobec, Applications of wireless sensors in medicine, in: *International Convention MIPRO, 2011*, pp. 257–261.
- [22] R.S.H. Istepanian, A. Sungeor, A. Faisal, N. Philip, Internet of m-health things m-iot, in: *IET Seminar on Assisted Living, 2011*, pp. 1–3.
- [23] A.J. Jara, M.A. Zamora-Izquierdo, A.F. Skarmeta, Interconnection framework for mHealth and remote monitoring based on the internet of things, *IEEE J. Select. Areas Commun.* 31 (9) (2013) 47–65.
- [24] M. Ruta, F. Scioscia, E. Di Sciascio, C. Scioscia, A knowledge-based framework enabling decision support in RFID solutions for healthcare, in: *IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 2010*, pp. 1983–1988.
- [25] J. Sidén, V. Skerved, J. Gao, S. Forsström, H.-E. Nilsson, T. Kanter, M. Gulliksson, Home care with NFC sensors and a smart phone, in: *4th International ACM Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL), 2011*, pp. 150:1–150:5.
- [26] S. Forsstrom, T. Kanter, O. Johansson, Real-time distributed sensor-assisted mHealth applications on the internet-of-things, in: *IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, TrustCom, 2012*, pp. 1844–1849.
- [27] A. Dohr, R. Modre-Opsrian, M. Drobits, D. Hayn, G. Schreier, The internet of things for ambient assisted living, in: *IEEE International Conference on Information Technology: New Generations, ITNG, 2010*, pp. 804–809.
- [28] A. Vilamovska, E. Hattziandreu, R. Schindler, C.V. Oranje, H.D. Vries, J. Krapelse, in: *RAND Europe, 2009*.
- [29] A. Shirehjini, A. Yassine, S. Shirmohammadi, Equipment location in hospitals using RFID-based positioning system, *IEEE Trans. Inform. Technol. Biomed.* 16 (6) (2012) 1058–1069.
- [30] A. Jara, A. Alcolea, M. Zamora, A. Skarmeta, M. Alsaedy, Drugs interaction checker based on IoT, in: *Internet of Things (IOT), 2010*, pp. 1–8.
- [31] M. Kudo, Robot-assisted healthcare support for an aging society, in: *Annual SRII Global Conference (SRII), 2012*, pp. 258–266.
- [32] A. Okamura, M. Mataric, H. Christensen, Medical and health-care robotics, *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 17 (3) (2010) 26–37.
- [33] C. Datta, H.Y. Yang, P. Tiwari, B. MacDonald, A healthcare robot for monitoring adverse drug reactions in older people, in: *9th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 2012*, pp. 10–11.
- [34] M. Swangnetr, D. Kaber, Emotional state classification in patient–robot interaction using wavelet analysis and statistics-based feature selection, *IEEE Trans. Hum.–Mach. Syst.* 43 (1) (2013) 63–75.
- [35] E. Guglielmelli, M. Johnson, T. Shibata, Guest editorial special issue on rehabilitation robotics, *IEEE Trans. Robot.* 25 (3) (2009) 477–480.
- [36] D. Campolo, D. Accoto, D. Formica, E. Guglielmelli, Intrinsic constraints of neural origin: assessment and application to rehabilitation robotics, *IEEE Trans. Robot.* 25 (3) (2009) 492–501.
- [37] N. Bu, M. Okamoto, T. Tsuji, A hybrid motion classification approach for EMGbased human; robot interfaces using bayesian and neural networks, *IEEE Trans. Robot.* 25 (3) (2009) 502–511.

- [38] M. Ellis, T. Sukal-Moulton, J.P.A. Dewald, Impairment-based 3-d robotic intervention improves upper extremity work area in chronic stroke: targeting abnormal joint torque coupling with progressive shoulder abduction loading, *IEEE Trans. Robot.* 25 (3) (2009) 549–555.
- [39] V. Bartenbach, C. Sander, M. Pschl, K. Wilging, T. Nelius, F. Doll, W. Burger, C. Stockinger, A. Focke, T. Stein, The biomotionbot: a robotic device for applications in human motor learning and rehabilitation, *J. Neurosci. Meth.* 213 (2) (2013) 282–297.
- [40] L. Zollo, K. Wada, H. Van der Loos, Special issue on assistive robotics [from the guest editors], *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 20 (1) (2013) 16–19.
- [41] A. Tapus, M. Mataric, B. Scasselati, Socially assistive robotics [grand challenges of robotics], *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 14 (1) (2007) 35–42.
- [42] G. Cicirelli, A. Milella, D. Di Paola, RFID tag localization by using adaptive neuro-fuzzy inference for mobile robot applications, *Indust. Rob.: An Int. J.* 39 (4) (2012) 340–348.
- [43] HRI evaluation of a healthcare service robot, in: S. Ge, O. Khatib, J.-J. Cabibihan, R. Simmons, M.-A. Williams (Eds.), *Social Robotics, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7621, Springer, Berlin Heidelberg, 2012, pp. 178–187.
- [44] F. Cavallo, M. Aquilano, M. Bonaccorsi, R. Limosani, A. Manzi, M. Carrozza, P. Dario, On the design, development and experimentation of the astro assistive robot integrated in smart environments, in: 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2013, pp. 4310–4315.
- [45] H. Moradi, K. Kawamura, E. Prassler, G. Muscato, P. Fiorini, T. Sato, R. Rusu, Service robotics (the rise and bloom of service robots) [tc spotlight], *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 20 (3) (2013) 22–24.
- [46] M. Palattella, N. Accettura, L. Grieco, G. Boggia, M. Dohler, T. Engel, On optimal scheduling in duty-cycled industrial IoT applications using IEEE 802.15.4e TSCH, *Sens. J., IEEE* 13 (10) (2013) 3655–3666.
- [47] C. Potter, G. Hancke, B. Silva, Machine-to-machine: Possible applications in industrial networks, in: 2013 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2013, pp. 1321–1326.
- [48] M. Kannamma, B. Chanthini, D. Manivannan, Controlling and monitoring process in industrial automation using zigbee, in: 2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2013, pp. 806–810.
- [49] M. BenSaleh, S. Qasim, A. Obeid, A. Garcia-Ortiz, A review on wireless sensor network for water pipeline monitoring applications, in: 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2013, pp. 128–131.
- [50] J.-C. Zhao, J.-F. Zhang, Y. Feng, J.-X. Guo, The study and application of the iot technology in agriculture, in: 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT), vol. 2, 2010, pp. 462–465.
- [51] X. Chen, J. Liu, X. Li, L. Sun, Y. Zhen, Integration of IoT with smart grid, in: IET International Conference on Communication Technology and Application (ICCTA), 2011, pp. 723–726.
- [52] H. Yujie, Z. Xihuang, Research and application of pv monitoring system based on zigbee and GPRS, in: 10th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science (DCABES), 2011, pp. 338–342.
- [53] A. Davis, H. Chang, Airport protection using wireless sensor networks, in: 2012 IEEE Conference on Technologies for Homeland Security (HST), 2012, pp. 36–42.
- [54] J. Rico, J. Sancho, B. Cendon, M. Camus, Parking easier by using context information of a smart city: Enabling fast search and management of parking resources, in: 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2013, pp. 1380–1385.
- [55] Y. Huang, Z. Yang, S. Xiong, The research on the control algorithm of IoT based bicycle parking system, in: IEEE 2nd International Conference on Cloud Computing and Intelligent Systems (CCIS), 2012, pp. 1221–1225.
- [56] D.-M. Han, J.-H. Lim, Smart home energy management system using iee 802.15.4 and zigbee, *IEEE Trans. Cons. Electron.* 56 (3) (2010) 1403–1410.
- [57] B. Castano, M. Rodriguez-Moreno, A zigbee and RFID hybrid system for people monitoring and helping inside large buildings, in: IEEE Symposium on Industrial Electronics Applications (ISIEA), 2010, pp. 16–21.
- [58] M. Darianian, M. Michael, Smart home mobile RFID-based internet-of-things systems and services, in: International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2008, pp. 116–120.

- [59] C.-F. Chien, K. Kim, B. Liu, M. Gen, Advanced decision and intelligence technologies for manufacturing and logistics, *J. Intell. Manufact.* 23 (6) (2012) 2133–2135.
- [60] Y. Chen, F. Dong, Robot machining: recent development and future research issues, *Int. J. Advan. Manufact. Technol.* 66 (9–12) (2013) 1489–1497.
- [61] N. Somani, E. Dean-Len, C. Cai, A. Knoll, Scene perception and recognition in industrial environments for human-robot interaction, in: G. Bebis, R. Boyle, B. Parvin, D. Koracin, B. Li, F. Porikli, V. Zordan, J. Klosowski, S. Coquillart, X. Luo, M. Chen, D. Gotz (Eds.), *Advances in Visual Computing, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 8033, Springer, Berlin Heidelberg, 2013, pp. 373–384.
- [62] Z. Pan, J. Polden, N. Larkin, S.V. Duin, J. Norrish, Recent progress on programming methods for industrial robots, *Robot. Comp.-Integ. Manufact.* 28 (2) (2012) 87–94.
- [63] B. Gates, A robot in every home, *Scien. Am.* (2006) 58–65. [64] J. Fink, V. Bauwens, F. Kaplan, P. Dillenbourg, Living with a vacuum cleaning robot, *Int. J. Soc. Robot.* 5 (3) (2013) 389–408.
- [65] I. Leite, C. Martinho, A. Paiva, Social robots for long-term interaction: a survey, *Int. J. Soc. Robot.* 5 (2) (2013) 291–308.
- [66] M.A. Hussain, P. Khan, K.K. Sup, WSN research activities for military application, in: 11th IEEE International Conference on Advanced Communication Technology, 2009, pp. 271–274.
- [67] M. Durisic, Z. Tafa, G. Dimic, V. Milutinovic, A survey of military applications of wireless sensor networks, in: 2012 Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), 2012, pp. 196–199.
- [68] L. Yushi, J. Fei, Y. Hui, Study on application modes of military internet of things (MIOT), in: IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE), vol. 3, 2012, pp. 630–634.
- [69] P.W. Singer, Military robotics and ethics: a world of killer apps, *Nature* 477 (7365) (2011) 399–401.
- [70] D. Wooden, M. Malchano, K. Blankespoor, A. Howardy, A. Rizzi, M. Raibert, Autonomous navigation for bigdog, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2010, pp. 4736–4741.
- [71] M. Seto, L. Paull, S. Saeedi, Introduction to autonomy for marine robots, in: M.L. Seto (Ed.), *Marine Robot Autonomy*, Springer, 2013, pp. 1–46.
- [72] R. Schneiderman, Unmanned drones are flying high in the military/aerospace sector [special reports], *IEEE Signal Processing Magazine* 29 (1) (2012) 8–11.
- [73] S. Ponda, H.-L. Choi, J.P. How, Predictive planning for heterogeneous humanrobot teams, in: AIAA InfotechAerospace Conference, 2010.
- [74] D. Di Paola, A. Gasparri, D. Naso, G. Ulivi, F. Lewis, Decentralized task sequencing and multiple mission control for heterogeneous robotic networks, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2011, pp. 4467–4473.
- [75] S. Saha, M. Matsumoto, A framework for disaster management system and WSN protocol for rescue operation, in: TENCON – IEEE Region 10 Conference, 2007, pp. 1–4.
- [76] Ubiquitous monitoring system for critical rescue operations, in: 6th International Conference on Wireless and Mobile Communications (ICWMC), 2010, pp. 515–520.
- [77] Z. Chen, Z. Li, Y. Liu, J. Li, Y. Liu, Quasi real-time evaluation system for seismic disaster based on internet of things, in: International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing (iThings/CPSCOM), 2011, pp. 520–524.
- [78] Y. Liu, G. Nejat, Robotic urban search and rescue: a survey from the control perspective, *J. Intell. Robot. Syst.* 72 (2) (2013) 147–165.
- [79] R.C. Richardson, A. Nagendran, R.G. Scott, Experimental tests of bidi-bot: a mechanism designed for clearing loose debris from the path of mobile search and rescue robots, *Advan. Robot.* 26 (15) (2012) 1799–1823.
- [80] T. Tomic, K. Schmid, P. Lutz, A. Domel, M. Kassecker, E. Mair, I. Grixia, F. Ruess, M. Suppa, D. Burschka, Toward a fully autonomous UAV: research platform for indoor and outdoor urban search and rescue, *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 19 (3) (2012) 46–56.
- [81] B. Le Comte, G. Sen Gupta, M.-T. Chew, Distributed sensors for hazard detection in an urban search and rescue operation, in: IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2012, pp. 2385–2390.
- [82] C.C. Aggarwal, N. Ashish, A. Sheth, The internet of things: a survey from the data-centric perspective, in: Book Chapter in *Managing and Mining Sensor Data*, Springer, 2013, pp. 383–428.

- [83] D. Boswarthick, O. Elloumi, O. Hersent, M2M Communications: A Systems Approach, first ed., Wiley Publishing, 2012.
- [84] M. Corici, H. Coskun, A. Elmangoush, A. Kurniawan, T. Mao, T. Magedanz, S. Wahle, Openmtc: prototyping machine type communication in carrier grade operator networks, in: IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), 2012, pp. 1735–1740.
- [85] M.B. Alaya, S. Matoussi, T. Monteil, K. Drira, Autonomic computing system for self-management of machine-to-machine networks, in: International ACM Workshop on Self-Aware Internet of Things (Self-IoT), 2012, pp. 25–30.
- [86] G. Xylomenos, C.N. Ververidis, V.A. Siris, N. Fotiou, C. Tsilopoulos, X. Vasilakos, K.V. Katsaros, G.C. Polyzos, A survey of information-centric networking research, vol. 16, Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 2014, pp. 1024–1049.
- [87] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, D. Ganesan, Building efficient wireless sensor networks with low-level naming, ACM SIGOPS Oper. Syst. Rev. 35 (5) (2001) 146–159.
- [88] S. Okamoto, N. Yamanaka, D. Matsubara, H. Yabusaki, Energy efficient and enhanced-type data-centric network (E3-DCN), in: 13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, 2012.
- [89] G. Marias, N. Fotiou, G. Polyzos, Efficient information lookup for the internet of things, in: IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2012, pp. 1–6.
- [90] A. Rayes, M. Morrow, D. Lake, Internet of things implications on ICN, in: International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2012, pp. 27–33.
- [91] T. Biswas, A. Chakrabortiz, R. Ravindranz, X. Zhang, G. Wangz, Contextualized information-centric home network, in: ACM SIGCOMM, Hong Kong, China, 2013.
- [92] R. Ravindran, T. Biswas, X. Zhang, A. Chakraborti, G.-Q. Wang, Informationcentric networking based homenet, in: IFIP/IEEE International Workshop on Management of the Future Internet (ManFI), 2013.
- [93] J.M. Batalla, P. Krawiec, M. Gajewski, K. Sienkiewicz, Id layer for internet of things based on name-oriented networking, J. Telecommun. Inform. Technol. (JTIT) 2 (2013) 40–48.
- [94] PROBE-IT, Pursuing ROadmaps and BEncmarks for the Internet of Things .
- [95] IOT-I, Internet of Things Initiative .
- [96] ELLIOT, Experiential Living Lab for the Internet of Things .
- [97] RELYONIT, Research by Experimentation for Dependability on the Internet of Things .
- [98] CALIPSO, Connect All IP-based Smart Objects! .
- [99] CONVERGENCE .
- [100] UTRUSTIT, Usable Trust in the Internet of Things!
- [101] EBBITS, Enabling business-based Internet of Things and Services .
- [102] UBIWARE, Smart Semantic Middleware for Ubiquitous Computing .
- [103] SmartSantander . [104] SPITFIRE, Semantic-Service Provisioning for the Internet of Things using Future Internet Research by Experimentation .
- [105] ICORE, Internet Connected Objects for Reconfigurable Ecosystems .
- [106] IOT@WORK, Internet of Things at Work .
- [107] IOT-A, Internet of Things Architecture .
- [108] OPENIOT, Open Source Solution for the Internet of Things into the Cloud .
- [109] IOT.EST, Internet of Things Environment for Service Creation and Testing .
- [110] IOT6, Universal Integration of the Internet of Things Through an IPv6-Based Service Oriented Architecture Enabling Heterogeneous Components Interoperability .
- [111] VITRO, Virtualized Distributed Platform of Smart Objects . [112] BETAAS, Building the Environment for the Things as a Service .
- [113] BUTLER, uBiquitous, secUre inTernet-of-things with Location and contExtawaReness .
- [114] G.-J. Kruijff, M. Janicek, Using doctrines for human-robot collaboration to guide ethical behavior, in: AAAI Fall Symposium Robot–Human Team-Work in Dynamic Adverse Environments, 2011.

- [115] G.-J. Kruijff, F. Colas, T. Svoboda, J. van Diggelen, P. Balmer, F. Pirri, R. Worst, Designing intelligent robots for human–robot teaming in urban search & rescue, in: AAAI Spring Symposium on Designing Intelligent Robots, 2012.
- [116] D.J. Bruemmer, M.C. Walton, Collaborative tools for mixed teams of humans and robots, in: Workshop on Multi-Robot Systems, 2003, pp. 219–229.
- [117] J. Kuner, Cloud-enabled robots, in: IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robotics, 2010.
- [118] E. Guizzo, Cloud robotics: connected to the cloud, robots get smarter, IEEE Spectrum.
- [119] M. Tenorth, A.C. Perzylo, R. Lafrenz, M. Beetz, The roboearth language: representing and exchanging knowledge about actions, objects, and environments, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2012.
- [120] R. Arumugam, V. Enti, L. Bingbing, W. Xiaojun, K. Baskaran, F. Kong, A. Kumar, K. Meng, G. Kit, Davinci: a cloud computing framework for service robots, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2010.
- [121] G. Hu, W.-P. Tay, Y. Wen, Cloud robotics: architecture, challenges and applications, IEEE Network 26 (3) (2012) 21–28.
- [122] K. Kamei, S. Nishio, N. Hagita, M. Sato, Cloud networked robotics, IEEE Network 26 (3) (2012) 28–34.
- [123] D. Hunziker, M. Gajamohan, M. Waibel, R. D’Andrea, Rapyuta: The roboearth cloud engine, in: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2013.
- [124] W. Ren, R.W. Beard, Distributed Consensus in Multi-vehicle Cooperative Control: Theory and Applications, first ed., Springer, 2007.
- [125] D.P. Bertsekas, J.N. Tsitsiklis, Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods, Prentice-Hall Inc, 1989.
- [126] Y. Liu, C. Li, W.K.S. Tang, Z. Zhang, Distributed estimation over complex networks, Inf. Sci. 197 (2012) 91–104.
- [127] F. Bullo, J. Cortés, S. Martínez, Distrib
- [128] W. Ren, R.W. Beard, Distributed Consensus in Multi-vehicle Cooperative Control: Theory and Applications, first ed., Springer, 2007.
- [129] R. Carli, F. Fagnani, A. Speranzon, S. Zampieri, Communication constraints in the average consensus problem, Automatica 44 (3) (2008) 671–684.
- [130] J. Liu, H. Zhang, X. Liu, W.-C. Xie, Distributed stochastic consensus of multiagent systems with noisy and delayed measurements, IET Control Theory Appl. 7 (10) (2013) 1359–1369.
- [131] Z. Meng, W. Ren, Y. Cao, Z. You, Leaderless and leader-following consensus with communication and input delays under a directed network topology, IEEE Trans. Syst., Man, Cybernet., Part B: Cybernet. 41 (1) (2011) 75–88.
- [132] A. Abdessameud, A. Tayebi, I. Polushin, Rigid body attitude synchronization with communication delays, in: American Control Conference (ACC), 2012, pp. 3736–3741.
- [133] U. Munz, A. Papachristodoulou, F. Allgower, Delay-dependent rendezvous and flocking of large scale multi-agent systems with communication delays, in: 47th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), 2008, pp. 2038–2043.
- [134] Y. Hatano, M. Mesbahi, Agreement over random networks, IEEE Trans. Autom. Control 50 (11) (2005) 1867–1872.
- [135] M. Porfiri, D. Stilwell, Consensus seeking over random weighted directed graphs, IEEE Trans. Autom. Control 52 (9) (2007) 1767–1773.
- [136] Y. Zhang, Y.-P. Tian, Consentability and protocol design of multi-agent systems with stochastic switching topology, Automatica 45 (5) (2009) 1195–1201.
- [137] B. Touri, A. Nedic, On ergodicity, infinite flow, and consensus in random models, IEEE Trans. Autom. Control 56 (7) (2011) 1593–1605.
- [138] I. Matei, J.S. Baras, C. Somarakis, Convergence results for the linear consensus problem under markovian random graphs, SIAM J. Control Optimiz. 51 (2013) 1574–1591.
- [139] H.-L. Choi, L. Brunet, J. How, Consensus-based decentralized auctions for robust task allocation, IEEE Trans. Robot. 25 (4) (2009) 912–926.

- [140] D. Di Paola, D. Naso, B. Turchiano, Consensus-based robust decentralized task assignment for heterogeneous robot networks, in: American Control Conference (ACC), 2011, pp. 4711–4716.
- [141] L.B. Johnson, S. Ponda, H.-L. Choi, J. How, Asynchronous decentralized task allocation for dynamic environments, in: AIAA InfotechAerospace Conference, 2011.
- [142] T. Campbell, L. Johnson, J. How, Multiagent allocation of markov decision process tasks, in: American Control Conference (ACC), 2013, pp. 2356–2361.
- [143] R. Olfati-Saber, J. Fax, R. Murray, Consensus and cooperation in networked multi-agent systems, *Proc. IEEE* 95 (1) (2007) 215–233.
- [144] A. Dimakis, S. Kar, J. Moura, M. Rabbat, A. Scaglione, Gossip algorithms for distributed signal processing, *Proc. IEEE* 98 (11) (2010) 1847–1864.
- [145] S. Kraus, E. Ephrati, D.J. Lehmann, Negotiation in a non-cooperative environment, *J. Exper. Theoret. Artif. Intell.* 3 (4) (1991) 255–281.
- [146] E. Ephrati, J.S. Rosenschein, Distributed consensus mechanisms for selfinterested heterogeneous agents (coopis) (1993) pp. 71–79.
- [147] E. Ephrati, J.S. Rosenschein, Deriving consensus in multiagent systems, *Artif. Intell.* 87 (1–2) (1996) 21–74.
- [148] E. Clarke, Multipart pricing of public goods, *Pub. Choice* 11 (1) (1971) 17–33.
- [149] M.E. desJardins, E.H. Durfee, C.L. Ortiz, M.J. Wolverton, A Survey of Research in Distributed, Continual Planning, *AI Magazine* 20 (4) (1999).
- [150] A. Jonsson, M. Rovatsos, Scaling up multiagent planning: A best-response approach, in: 21st International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS), AAAI, Freiburg, Germany, 2011.
- [151] E.H. Durfee, J.S. Rosenschein, Distributed problem solving and multi-agent systems: Comparisons and examples, in: 13th International Distributed Artificial Intelligence Workshop, 1994, pp. 94–104.
- [152] V.R. Lesser, Cooperative multiagent systems: a personal view of the state of the art, *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 11 (1) (1999) 133–142.
- [153] L. Panait, S. Luke, Cooperative multi-agent learning: the state of the art, *Auton. Agents Multi-Agent Syst.* 11 (3) (2005) 387–434.
- [154] J. Hao, H.-F. Leung, The dynamics of reinforcement social learning in cooperative multiagent systems, in: 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Beijing, China, 2013.
- [155] L. Matignon, G.J. Laurent, N.L. Fort-Piat, Independent reinforcement learners in cooperative markov games: a survey regarding coordination problems, *Knowl. Eng. Rev.* 27 (1) (2012) 1–31.
- [156] D. Brock, E. Schuster, On the semantic web of things, in: In Semantic Days, 2006.
- [157] The SSN ontology of the w3c semantic sensor network incubator group, *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 17 (2012) 25–32.
- [158] S. De, P. Barnaghi, M. Bauer, S. Meissner, Service modelling for the internet of things, in: 2011 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), vol. 99, 2011, pp. 949–955.
- [159] S. Meyer, K. Sperner, C. Magerkurth, J. Pasquier, Towards modeling real-world aware business processes, in: Second ACM International Workshop on Web of Things, 2011, pp. 8:1–8:6.
- [160] K. Aberer, P. Cudré-Mauroux, H. Manfred, The chatty web: emergent semantics through gossiping, in: 12th international ACM conference on World Wide Web, New York, NY, USA, 2003, pp. 197–206.
- [161] A. Baronchelli, L. Dall’Asta, A. Barrat, V. Loreto, Topology induced coarsening in language games, *CoRR*.
- [162] G. Gianini, A. Azzini, E. Damiani, S. Marrara, Global consensus emergence in an unstructured semantic network, in: 5th ACM international conference on Soft computing as transdisciplinary science and technology, New York, NY, USA, 2008, pp. 185–191.
- [163] I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M.F. Kaashoek, H. Balakrishnan, Chord: a scalable peer-to-peer lookup service for internet applications, *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev.* 31 (4) (2001) 149–160.
- [164] G. Gianini, E. Damiani, P. Ceravolo, Consensus emergence from naming games in representative agent semantic overlay networks, in: OTM Confederated International Workshops and Posters on the Move to Meaningful Internet Systems, Springer-Verlag, 2008, pp. 1066–1075.

- [165] R. Meersman, Z. Tari (Eds.), CoopIS, DOA, and ODBASE, OTM Confederated International Conferences, Agia Napa, Cyprus, October 25–29, 2004, Proceedings, Part II, Lecture Notes in Computer Science, vol. 3291, Springer, 2004.
- [166] L.M. Stephens, A.K. Gangam, M.N. Huhns, Constructing consensus ontologies for the semantic web: a conceptual approach, *World Wide Web J.* 7 (2004) 421–442.
- [167] M. Nagy, M. Vargas-Vera, Reaching consensus over contradictory interpretation of semantic web data for ontology mapping, in: IEEE 5th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), 2009, pp. 63–66.
- [168] J. Euzenat, P. Shvaiko, *Ontology Matching*, Springer-Verlag, 2007.
- [169] P. Shvaiko, J. Euzenat, Ten challenges for ontology matching, in: OTM Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, GADA, IS, and ODBASE, Part II on On the Move to Meaningful Internet Systems, 2008, pp. 1164–1182.
- [170] K. Aberer, P. Cudré-Mauroux, M. Hauswirth, A framework for semantic gossiping, *SIGMOD Rec.* 31 (2002) 2002.
- [171] K. Aberer, P. Cudr-Mauroux, M. Hauswirth, Start making sense: the chatty web approach for global semantic agreements, *J. Web Semant.* 1 (2003) 2003.
- [172] J. Heflin, J. Hendler, S. Luke, Coping with changing ontologies in a distributed environment, in: AAAI-99 Workshop on Ontology Management, 1999, pp. 74–79.
- [173] I. Toma, E. Simperl, G. Hench, A joint roadmap for semantic technologies and the internet of things, in: 3rd STI Roadmapping Workshop Charting the next Generation of Semantic Technology, 2009.
- [174] A. Katasonov, O. Kaykova, O. Khriyenko, S. Nikitin, V. Terziyan, Smart semantic middleware for the internet of things, in: 5th International Conference on Informatics in Control Automation and Robotics.
- [175] Z. Song, A. Crdenas, R. Masuoka, Semantic middleware for the internet of things, in: *Internet of Things (IOT)*, 2010, pp. 1–8.
- [176] R.S. Sandhu, E.J. Coyne, H.L. Feinstein, C.E. Youman, Role-based access control models, *IEEE Comp.* 29 (2) (1996) 38–47.
- [177] S. Gusmeroli, S. Piccione, D. Rotondi, A capability-based security approach to manage access control in the internet of things, *Math. Comp. Modell.* 58 (56) (2013) 1189–1205.
- [178] S. Papadopoulos, Y. Yang, D. Papadias, Cads: continuous authentication on data streams, in: 33rd International Conference on Very Large Data Bases (VLDB), 2007, pp. 135–146.
- [179] M. Ali, M. Eltabakh, C. Nita-Rotaru, Robust Security Mechanisms for Data Streams Systems, Purdue University, CSD Technical Report 04-019, May 2004.
- [180] W. Lindner, J. Meier, Securing the borealis data stream engine, in: 10th IEEE International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS), Washington, DC, USA, 2006, pp. 137–147.
- [181] R. Nehme, E. Rundensteiner, E. Bertino, A security punctuation framework for enforcing access control on streaming data, in: IEEE 24th International Conference on Data Engineering (ICDE), 2008, pp. 406–415.
- [182] A. Bhargav-Spantzel, A. Squicciarini, E. Bertino, Trust negotiation in identity management, *IEEE Sec. Privacy* 5 (2) (2007) 55–63.
- [183] T. Kothmayr, C. Schmitt, W. Hu, M. Brnig, G. Carle, {DTLS} based security and two-way authentication for the internet of things, *Ad Hoc Netw.* 11 (8) (2013) 2710–2723.
- [184] R. Roman, J. Zhou, J. Lopez, On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things, *Comp. Netw.* 57 (10) (2013) 2266–2279.
- [185] A. van Lamsweerde, E. Letier, Handling obstacles in goal-oriented requirements engineering, *IEEE Trans. Softw. Eng.* 26 (10) (2000) 978–1005.
- [186] L. Chung, Dealing with security requirements during the development of information systems, in: C. Rolland, F. Bodart, C. Cauvet (Eds.), *Advanced Information Systems Engineering*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 685, Springer, Berlin Heidelberg, 1993, pp. 234–251.
- [187] J. Mylopoulos, L. Chung, B. Nixon, Representing and using nonfunctional requirements: a process-oriented approach, *IEEE Trans. Softw. Eng.* 18 (6) (1992) 483–497.
- [188] A. Anton, Goal-based requirements analysis, in: *Second International Conference on Requirements Engineering*, 1996, pp. 136–144.

- [189] C. Kalloniatis, E. Kavakli, S. Gritzalis, Addressing privacy requirements in system design: the PriS method, *Require. Eng.* 13 (3) (2008) 241–255.
- [190] M. Blaze, J. Feigenbaum, J. Lacy, Decentralized trust management, in: *IEEE Symposium on Security and Privacy*, 1996, pp. 164–173.
- [191] T.Y., M. Winslett, A unified scheme for resource protection in automated trust negotiation, in: *IEEE Symposium on Security and Privacy*, 2003, pp. 110–122.
- [192] J. An, X. Gui, W. Zhang, J. Jiang, J. Yang, Research on social relations cognitive model of mobile nodes in internet of things, *J. Network Comp. Appl.* 36 (2) (2013) 799–810.
- [193] Willow Garage Company .
- [194] Pal Robotics Company .
- [195] Adept MobileRobots Company .
- [196] Fraunhofer IPA Company .
- [197] Robosoft Company .
- [198] Neobotix Company .
- [199] Clearpath Robotics Company .
- [200] Robotnik Automation Company .
- [201] Asctech Company .
- [202] ROS, Robot Operative System . [203] Microsoft, Microsoft Robotics Developer Studio .
- [204] G. Biggs, R. Rusu, T. Collett, B. Gerkey, R. Vaughan, All the robots merely players: history of player and stage software, *IEEE Robot. Autom. Magaz.* 20 (3) (2013) 82–90.
- [205] N. Spanoudakis, P. Moraitis, An ambient intelligence application integrating agent and service-oriented technologies, in: M. Bramer, F. Coenen, M. Petridis (Eds.), *Research and Development in Intelligent Systems XXIV*, Springer, 2008, pp. 393–398.
- [206] L. Braubach, A. Pokahr, Jadex active components framework – BDI agents for disaster rescue coordination, in: M. Essaïdi, M. Ganzha, M. Paprzycki (Eds.), *Software Agents, Agent Systems and Their Applications*, NATO Science for Peace and Security Series – D: Information and Communication Security, vol. 32, IOS Press, 2012, pp. 57–84.
- [207] A. Gluhak, S. Krco, M. Nati, D. Pfisterer, N. Mitton, T. Razafindralambo, A survey on facilities for experimental internet of things research, *IEEE Commun. Magaz.* 49 (11) (2011) 58–67.
- [208] Cisco, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012–2017, Tech. rep., February 2013.
- [209] T. Watteyne, X. Vilajosana, B. Kerkez, F. Chraïm, K. Weekly, Q. Wang, S.D. Glaser, K. Pister, Openwsn: a standards-based low-power wireless development environment, *Trans. Emerg. Telecommun. Technol.* 23 (2012) 480–493.
- [210] L.A. Grieco, M.B. Alaya, T. Monteil, K.K. Drira, Architecting information centric etsi-m2m systems, in: *IEEE PerCom, 2014. Control of Robotic Networks*, Applied Mathematics Series, Princeton University Press, 2009.