هدف از این فصل ارائه مقدمه­ای بر شبکه­های سنسوری و نحوه­ی کارکرد آن­هاست. امروزه یکی از مسائل پرطرفدار ماجرای شهر هوشمند است که در آن هدف این است که کلیه وسائل موجود به نحوی هوشمند شده و ارتباطات بین آن­ها به دور از نقش انسان و به صورت کاملا مکانیزه انجام شود. یک نمونه­ی مهم و بارز از سرویس­ها در این زمینه سرویس­های هشداری می­باشد که از جمله­ی آن­ها می­توان به سرویس­­های مربوط به آتش­سوزی اشاره کرد. نحوه­ی کار این سرویس­ها به این صورت است که در جای­جای مختلف از یک ساختمان سنسور­های مختلف قرار گرفته است که این سنسورها مدام درحال جمع­آوری اطلاعات هستند. حال لازم است که اطلاعات جمع آوری شده به یک سری مرکز پردازشی ارسال شوند و در این مرکز پردازشی این اطلاعات به صورت کامل پردازش شوند. در گذشته بدین صورت بود که این مرکز پردازشی به صورت متمرکز و در یک نقطه بود و کلیه محاسبات مربوطه را تنهایی انجام می­داد و درنتیجه ی این محاسبات مشخص می­شد که شرایط محیطی که سنسور­ها در آن قرار گرفته اند چگونه است و درصورت لزوم اقدام­های لازم انجام می­شد بدین صورت که به عنوان مثال اگر آتش سوزی­ای رخ داده بود بعد از پردازش اطلاعات ارسالی مربوط به دمای سنسورها این نتیجه حاصل می­شد که دمای محیط از حالت عادی فراتر رفته است و این بالا بودن دما به دلیل خطای اندازه­گیری نبوده است بلکه واقعا در محیط مربوطه آتش­سوزی رخ داده است. بلافاصله یک دستور از طرف مرکز پردازشی به عملگرهای موجود در آن محیط ارسال می­شود که هرچه سریع­تر اقدامات لازم را جهت کنترل آتش­سوزی انجام دهند. ازجمله­ی این اقدامات می­توان به روشن شدن شیرهای آب­پاش اشاره کرد. در مورد اینکه مرکز پردازشی چگونه به این نتیجه می­رسد که اطلاعاتی دمایی رسیده واقعا به دلیل آتش سوزی بوده است نه به دلیل خطای سهوی و یا عمدی راه­کارهای مختلفی ارائه شده است که از جمله ی آن ها می­توان گفت که از سنسورهای دمایی مختلف در زوایای مختلف و مکان­های مختلف استفاده می­شود و دمای محیط فقط با اطلاعات مربوط به یک سنسور اندازه­گیری نمی­شود بلکه از کنارهم قراردادن اطلاعات مربوط به کلیه­ی سنسورهای موجود در محیط این نتیجه حاصل می­شود که آیا محیط دچار آتش­سوزی شده است یا نه. همچنین یک راه حل دیگر در این زمینه استفاده از سنسورهای دیگر در کنار سنسورهای دما است. سنسورهایی مانند سنسورهای اندازه­گیری میزان گاز دی­اکسیدکربن و ...

اما نکته­ی قابل تامل در شهر هوشمند میزان ساختمان­های موجود و همچنین تعداد سنسورهای موجود است که تعداد آن­ها خیلی زیاد خواهد شد و نتیجه این خواهد شد که مرکز پردازشی موجود لازم است قدرت پردازشی فراوانی داشته باشد. معمولا به این صورت است که این مرکز پردازشی به صورت فضای ابری در نظر گرفته می­شود که از لحاظ منابع پردازشی تا حد خوبی غنی است. اما گاها قوی ترین مراکز پردازشی هم در این زمینه ممکن است دچار اختلال و کندی شوند. همچنین ایراد دیگری که به این مراکز وارد است موضوع فاصله زمانی و مکانی این مراکز تا ساختمان­های مورد نظر و به صورت کلی­تر شهر هوشمند ماست. به این صورت که گاها فاصله­ی زمانی ارسال اطلاعات تا این مرکز به قدری زیاد است که کیفیت سرویس های ارائه شده دچار اختلال می­شود.

درمورد سرویس­های موجود در شهر هوشمند می­توان گفت که از چند نظر می­توان این سرویس­ها را تقسیم بندی کرد. یکی از انواع این تقسیم­بندی ها تقسیم­بندی سرویس­ها برمبنای کیفیت سرویس مورد انتظار است. به این صورت که یک سری معیار به عنوان معیارهای کمی مشخص می­شود که لازم است این سرویس­ها به گونه­ای باشند که این معیارها را تا حد خوبی برآورده سازند. از جمله­ی این معیارهای کمی می­توان به تاخیر مربوط به انجام سرویس اشاره کرد.

تاخیر هر سرویس خود چند حالت مختلف دارد. در مورد سرویس اتفا حریق می­توان گفت که ابتدا لازم است که حسگرها اطلاعات پیرامون خود را جمع­آوری کنند سپس این اطلاعات جمع­آوری شده به مرکز پردازشی ارسال شود و در آنجا این اطلاعات پردازش شود و نتیجه­ی اطلاعات به عملگرها ارسال شود و درنهایت عملگرها شروع به اقدام کنند در تمام این مراحل تاخیرهای مختلف وجود دارد.

با توجه به رشد خیلی خوب این روزها در ساختار دستگاه­های الکترونیکی می­توان گفت که دستگاه­های خیلی دقیق و سریعی در بازار موجود است که با کمترین خطا درحال دریافت اطلاعات و همچنین انجام کارهای مربوطه هستند و بحث مربوط به افزایش راندمان در این دستگاه­ها در گرایش­های مربوط به رشته­ی الکترونیک می­تواند بحث جذابی باشد. لذا در این پایان نامه از تاخیرهای مربوط به عملکرد حسگرها و عملگرها صرف نظر شود و فرض براین است که این دستگاه­ها به محض دریافت اطلاعات بلافاصله کار خود را انجام می­دهند. اما در مورد دو مدل دیگر تاخیر(تاخیر ارسال و تاخیر پردازشی) لازم است که دقت لازم انجام گیرد که کیفیت سرویس ارائه شده به بهترین حالت ممکن باشد.

در مورد تاخیر ارسال در حالت استفاده از یک فضای پردازشی مرکزی همانطور که گفته شد گاها این مشکل به وجود می آید که اطلاعات حسگر آن­طور که باید و شاید به سرعت پردازش نمی­شوند.

یکی از راه­حل های ارائه شده برای مقابله با این مشکل ارائه­ی موضوع جدیدی به نام edge computing است بدین گونه که به جای اینکه دستگاه پردازشی ما یک دستگاه مرکزی و دریک نقطه باشد این دستگاه اولا مرکزی نباشد یعنی یک دستگاه نباشد بلکه چندین دستگاه باشد و ثانیا در یک نقطه نباشد بلکه در جاه­های مختلف باشد . و هرچقدر که این محل فیزیکی این دستگاه به محل فیزیکی حسگرهای مربوطه نزدیکتر باشد می­توان گفت که تاخیر مربوط به ارسال اطلاعات کمتر است و درنتیجه­ی آن کیفیت سرویس ارائه شده بهتر است.

انواع تاخیر

در این بخش قرار است که انواع مختلف تاخیر در شبکه­های سوئیچ بسته بررسی شود .

در این شبکه­ها یک بسته ارسالی، سفر خود را از یک میزبان (مبدأ) شروع می­کند، از تعدادی سوییچ و مسیریاب میگذرد و در پایان سفر خود، به میزبان دیگر (مقصد) میرسد. با حرکت بسته از یک گره (میزبان یا مسیریاب) به گره دیگر در طول مسیر، در هر گره انواع مختلفی از تاخیر میتواند برای بسته در حال ارسال اتفاق بیوفتد

این تاخیر ها عبارتند از

تاخیر پردازش در گره که مدت زمانی است که طول می­کشد که یک گره بسته دریافتی را تحلیل کند و بفهمد که آیا لازم است آن را به سمت یک گره دیگر هدایت کند و یا اینکه خودش آن را پردازش کند. همچنین اگر زمانی صرف بررسی سالم بودن بیت­های موجود در بسته شود این زمان جز این دسته از تاخیر قرار می­گیرد

تاخیر صف: تاخیری است که بسته ها درصف ورودی منتظر می­شوند تا نوبت پردازش آن­ها برسد که میزان این تاخیر با توجه به فرمول­های مربوط به تئوری صف و نوع صف و همچنین مدل پردازشی گره محاسبه می­شود. همچنین درصورتی که گره موجود یک گره مسیریاب باشد یعنی عملکرد آن به صورتی باشد که بسته­های دریافتی را به سایر گره ها هدایت می­کند ممکن است در خروجی این گره نیز یک صف تشکیل شود و بسته در آن صف خروجی هم مقداری منتظر بماند.

تاخیر انتفال: این تاخیر برابر است با مدت زمان لازم برای انتقال کلیه ی بیت­های موجود در بسته بر روی لینک­های موجود که همانطور که می­دانیم در حالت ساده شده با فرض اینکه بسته ارسالی شامل L بیت باشد و همچنین آهنگ انتقال لینک به اندازه R بیت بر ثانیه باشد آن­گاه تاخیر انتقال این بیت به اندازه­ی L/R ثانیه خواهد بود.

تاخیر انتشار: به محض آنکه مسیریاب A یک بیت را روی لینک خروجی فرستاد، این بیت باید تا مسیریاب B منتشر شود. زمان لازم برای منتشر شدن این بیت از ابتدای لینک تا مسیریاب B را تاخیر انتشار میگویند.

سرعت حرکت بیت ها روی یک لینک در واقع همان سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در لینک است، که به نوع رسانه فیزیک مورد استفاده در لینک (فیبر نوری، زوج به هم تابیده، بی سیم و …) بستگی دارد.

تاخیر انتشار در یک لینک ارتباطی برابر است با فاصله بین دو مسیریاب (طول لینک که با d نشان میدهند) تقسیم بر سرعت انتشار (s) یعنی d/s.

تاخیر انتقال زمان لازم برای بیرون دادن تمامی بیت های یک بسته توسط مسیریاب است و به صورت تابعی از طول بسته و آهنگ انتقال به لینک خروجی در مسیریاب تعریف میشود؛ در نتیجه هیچ ارتباطی با فاصله بین دو مسیریاب (یا همان طول لینک) ندارد.

از طرفی، تاخیر انتشار زمانی است که طول میکشد تا یک بیت از یک مسیریاب به مسیریاب بعدی برسد، این تاخیر تابعی از فاصله بین دو مسیریاب و سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در رسانه فیزیکی لینک می باشد و هیچ ارتباطی با طول بسته یا آهنگ انتقال لینک ندارد.

معمولا در مقالات مربوط به شبکه­های بی­سیم از تاخیر انتشار در مقابل تاخیر انتقال صرف نظر می­شود و یا این دو تاخیر را به عنوان یک تاخیر در نظر می­گیرند. در این پایان نامه نیز این دو تاخیر به صورت جدا درنظر گرفته نشده­اند و عملا از تاخیر انتشار صرف­نظر شده است.

انواع گره­های محاسباتی

در شبکه­های بی­سیم گره­ها در چند سطح قرار دارند. پایین ترین سطح از این شبکه سطح گره­های حسگری و کاراندازی است که شامل این دسته از دستگاه­ها می­باشد. در شبکه­های قبل یک لایه­ی دیگری به­نام لایه­ی ابری موجود بود که شامل مرکز پردازشی بود. در نسل جدیدی از این شبکه لایه­های دیگری به چشم می­خورد که دو لایه­ی عمده عبارتند از لایه­ی لبه و لایه­ی مه. که در زیر به تفصیل در مورد این دولایه صحبت می­شود.

در هریک از این لایه­ها فرآیند رایانش خارج از حسگرها و در گره­های موجود در این دو لایه انجام می­شود. همچنین دیگر شباهت این دو لایه این است که گره­های موجود در لایه به یک گره محدود نمی­شود بلکه در هرلایه چندین گره وجود دارد و فرآیند رایانش بین تمامی این گره­ها تقسیم می­شود.

یک فرق عمده بین این دولایه این است که از لحاظ فاصله فیزیکی تا گره­های حسگر، لایه­ی لبه خیلی نزدیک­تر از لایه­ی مه است. بدین صورت که تاخیر مربوط به انتشار و همچنین انتقال از گره­های حسگر تا لایه­ی لبه از تاخیر مربوط به گره­های حسگر تا لایه­ی مه کمتر است.

همچنین یک تفاوت عمده دیگر بین این دو گره بحث هزینه­ی محاسباتی و رایانش در این گره­هاست به صورتیکه هزینه­های مربوط به لایه­ی لبه بیشتر از هزینه­های مربوط به لایه­ی مه است. و همچنین منابع محاسباتی در این لایه از منابع موجود در لایه­ی مه کمتر است.

دربعضی از تعاریف لایه­ی لبه را یک لایه مجازی بر روی لایه­ی حسگر در نظر می­گیرند به این صورت که اطلاعات حسگرها فراتر از لایه­ی آن­ها نمی­رود و درهمان لایه رایانش می­شود مزیتی که این فرض دارد جنبه­ی امنیت و محافظت از اطلاعات است.

درمورد لایه مه می­توان گفت که هزینه­ی استفاده از منابع موجود در این لایه نسبت به لایه­ی لبه کمتر است. و همچنین منابع در دسترس نیز بیشتر است.

به طور کلی در مورد سه لایه­ی اصلی محاسباتی ابری، مه و لبه می­توان موارد زیر را در نظر گرفت

هزینه:

تاخیر:

قدرت پردازش:

حال صورت مسئله ای که ایجاد می­شود این است که با توجه به حق انتخاب های موجود و با توجه به اطلاعات حسگرها که لازم است پردازش شوند مناسب ترین مکان برای پردازش این اطلاعات کجاست.

انتخاب مکان مناسب برای پردازش بستگی به تعریف دقیق صورت مسئله و همچنین تعریف دقیق از کیفیت سرویس­ها دارد. به عنوان مثال می­توان هدف را اینگونه در نظر گرفت که شبکه به صورتی کار کند که اطلاعات حسگرها در کمترین زمان ممکن پردازش شود که در این صورت احتمالا قیدی بر روی هزینه­ی لازم برای پردازش اطلاعات وجود ندارد که در نتیجه­ی آن نمی­توان گفت که شبکه در ارزان­ترین حالت خود به سر می­برد.

در یک حالت دیگه می­توان صورت مسئله را به­گونه­ای طراحی کرد که هزینه­های کلی شبکه در بهینه­ترین حالت ممکن باشد. در این صورت لازم است که شرایط مربوط به تاخیر به عنوان قید به صورت مسئله اضافه شوند. در هر دوحالت مدلسازی قبل این بحث به وجود می­آید که آیا شبکه توان پردازش کلیه­ی اطلاعات حاصل از لایه­ی حسگرها را دارد یا نه، در حالتی دیگر می­توان صورت مسئله را به این صورت تعریف کرد که تعداد پردازش­ها بیشترین مقدار ممکن باشد.

نحوه­ی تعریف سرویس به این صورت است که در لایه­ی حسگر، انواع مختلفی از حسگرها وجود دارد. فرض می­شود که حسگرهای از یک نوع همگی اطلاعات را با فرمت خاص می­فرستند. که مشخصات عملیاتی خاص خود را دارد.