پروتکل ضد تصادم ریدر مبتنی بر روش CDMA در شبکه‌های RFID

حمید رضا آل رضا امیری

دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل Hamidreza.alreza@yahoo.com

چکیده - سیستم RFID شامل یک ریدر و چندین تگ می‌باشد. ریدر برای شناسایی تگ‌ها سیگنالی می‌فرستد و هر تگ پس از دریافت آن سیگنال، در پاسخ کد یکتای خود را که حاوی اطلاعات منحصر به آن تگ می‌باشد، را برای ریدر می‌فرستد. اگر چند ریدر که در نزدیکی هم قرار دارند، در یک لحظه سیگنال‌های خود را بفرستند، این سیگنال‌ها با هم تصادم ایجاد می‌کنند و قابل دریافت توسط تگ‌ها نیستند. ما در این مقاله برای حل مشکل تصادم ریدرها یک پروتکل جدید پیشنهاد می‌کنیم که از سیستم شبکه شده‌ی RFID و کدهای متعامد کمک می‌گیرد و به همه‌ی ریدرها اجازه می‌دهد تا در یک زمان و یک فرکانس یکسان شروع به خواندن تگ‌ها بکنند. این پروتکل مبتنی بر روش CDMA می‌باشد. مقایسه‌ی این پروتکل با چند پروتکل معروف ضد تصادم دیگر نشان دهنده‌ی بهبود قابل توجه در میزان توان عملیاتی بوده است.

کلید واژه - پروتکل ضد تصادم، تصادم ریدر، RFID ، CDMA

۱-مقدمه

یک سیستم RFID متعارف شامل یک ریدر و چند تگ می‌باشد. ریدر از طریق امواج رادیوی با تگ‌ها ارتباط بر قرار می‌کند و اطلاعات قرار داده شده در تگ را می‌خواند. امروزه توجه و حرکت به سوی نسل جدیدی از سیستم‌های RFID است که به آن سیستم RFID هوشمند می‌گویند. این نسل از RFID که شبکه شده و یکپارچه است از تگ‌های هوشمند استفاده می‌کند که این تگ‌ها قابلیت‌های بیشتری نسبت به تگ‌های معمولی دارند. سیستم RFID خیلی زود در صنعت و تجارت به ویژه زنجیره تامین جایگاه خود را پیدا کرده و جایگزین بارکدها شده است. در مقایسه سریع این سیستم با بارکدها توانایی‌های بالای RFID از جمله توانایی در خواندن همزمان چندین تگ و عدم نیاز به اپراتور و برد بیشتر در خواندن تگ‌ها به چشم می‌خورد. این سیستم هم مشکلاتی دارد که هنوز حل نشده است که مهمترین آنها تصادم می‌باشد. در سیستم RFID دو نوع تصادم وجود دارد که عبارت‌اند از تصادم تگ‌ها و تصادم ریدرها. تصادم تگ هنگامی رخ می‌دهد که چند تگ همزمان به یک ریدر پاسخ می‌دهند و ریدر به علت تداخل این امواج نمی‌تواند سیگنال‌های این تگ‌ها را شناسایی کند [1][2].
تصادم ریدر هنگامی رخ می‌دهد که چند ریدر بیش از حد به هم نزدیک باشند و امواج کوئری‌های شان با هم تداخل پیدا کنند [3]. با توجه به برد چند برابری ریدرها در مقابل برد تگ‌ها و دیگر مسائل مشکل تصادم در ریدرها مشکل جدی‌تری می‌باشد. از طرفی با افزایش میل به استفاده از این سیستم در محیط کار و افزایش

چگالی ریدرها در محیط مشکل تصادم ریدرها به مراتب دردسر سازتر می‌شود. خود مشکل تصادم ریدرها به دو دسته تقسیم می‌شود:

A .تصادم ریدر به ریدر [4][5]: هنگامی رخ می‌دهد که سیگنال قوی یک ریدر با سیگنال ضعیف منعکس شده از یک تگ تداخل پیدا کند. این نوع تصادم ممکن است در صورتی رخ دهد که رنج خواندن ریدرها با هم همپوشانی نداشته باشد.

B .تصادم چند ریدر به تگ [4][5]: این نوع تصادم هنگامی اتفاق می‌افتد که بیش از یک ریدر بخواهند همزمان یک تگ را بخوانند، در این حالت کوئری‌های رسیده از ریدرها با هم تداخل پیدا می‌کنند و تگ هیچ کدام از کوئری‌ها را نمی‌تواند بخواند. این تصادم برای تگ‌هایی رخ می‌دهد که در محدوده‌ی رنج خواندن بیش از یک ریدر قرار دارند.

البته نوع سومی از تصادم ریدرها هم در مقاله [4] مطرح شد به نام ایستگاه پنهان که در مقاله [5] وجود این نوع تصادم در واقعیت و محیط‌های کوچک مانند اتاق بر اساس پدیده‌ی Capture effect [6] و RFID path loss model [7] رد شده است.

۲- کارهای مرتبط

برای حل مشکل تصادم ریدرها راه‌حل‌های زیادی پیشنهاد شده است. از جمله پروتکل Colorwave در این پروتکل هر ریدر یک برش زمانی را برای خود به صورت رندوم انتخاب می‌کند و در آن برش زمانی تگ-های محدوده‌ی خود را می‌خواند. اگر یک ریدر برش‌ای را انتخاب کند که یکی از ریدرهای همسایه نیز آن را انتخاب کرده باشد در این صورت تصادم رخ می‌دهد، و ریدر باید یک برش زمانی دیگر را به صورت تصادفی برای خود انتخاب کند و همسایگانش را نیز از برش زمانی جدید خود با خبر کند. Colorwave مناسب سیستم‌های RFID متحرک نیست چون زمانبندی TDMA نیاز به همزمانی ریدرها دارد و متحرک بودن باعث به وجود آمدن سربار ارتباطی زیادی برای زمانبندی می‌شود. از معایب دیگر Colorwave این است که این روش از مکانیزم چند کانالی استفاده نمی-کند که همین باعث هدر رفتن کانال و پایین آمدن توان‌عملیاتی می‌شود [3].

پروتکل LBT مبتنی بر روش CSMA می‌باشد و در آن ریدرها قبل از مخابره پیام کانال را بررسی می‌کنند و اگر کانال خالی بود اقدام به ارسال پیام می‌کنند [8]. پروتکل Pulse برای غلبه بر مشکل تصادم ریدرها کانال را به دو بخش کانال کنترلی و کانال داده تقسیم می‌کند. کانال کنترلی برای ارتباط ریدرها با هم و کانال داده برای ارتباط ریدر با تگ‌ها در نظر گرفته شده است. ریدری که با تگ‌ها ارتباط بر قرار کرده است به طور متناوب پیغام بیکن را روی کانال کنترلی به شعاعی فراتر از رنج تداخلش ارسال می‌کند و هر ریدری که این پیغام بیکن را دریافت می‌کند، اجازه کوئری فرستادن ندارد و مجبور است تا زمان پایان ارسال بیکن‌ها صبر کند، به این صورت تا حدودی جلوی تصادم ریدر به ریدر و تصادم چند ریدر به تگ گرفته می‌شود. ولی چون هر لحظه حداکثر فقط یک ریدر مشغول شناسایی تگ‌هاست میزان اتلاف زمان و کانال در این پروتکل زیاد است [4].

پروتکل Gentle که مبتنی بر روش CSMA است به نوعی بهبود یافته‌ی پروتکل Pulse می‌باشد. در این پروتکل با کوچکتر کردن شعاع ارسال بیکن توسط ریدرها و استفاده از چند کانال داده، امکان فعالیت

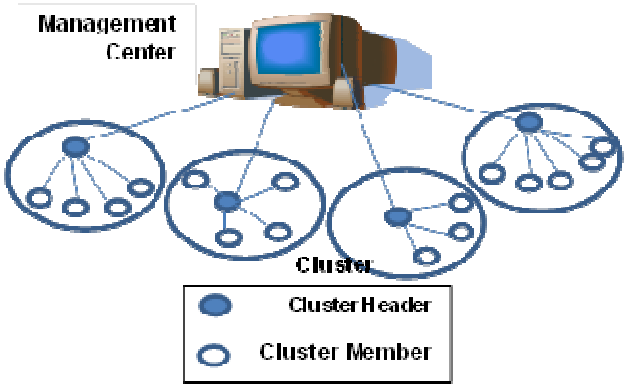
تعداد بیشتری ریدر را در یک لحظه فراهم می‌کند و همین نکته باعث می‌شود که توان‌عملیاتی پروتکل Gentle از پروتکل پالس بسیار بالاتر باشد. در این مقاله از مکانیزم فوروارد‌ینگ نیز استفاده شده است، که این مکانیزم هم در بالاتر بردن توان‌عملیاتی این پروتکل بسیار موثر بوده است [5]. پروتکل‌های قبلی معمولا از تکنیک‌های زمان‌بندی TDMA یا CSMA استفاده می‌کردند که به اجرای کارها به صورت ترتیبی توجه داشت، به عبارت دیگر یعنی در هر لحظه معمولا فقط یک ریدر اجازه‌ی شناسایی تگ‌ها را داشت و بقیه‌ی ریدرها باید در حالت انتظار می‌ماندند. بیکار ماندن تعداد زیادی از ریدرها باعث کاهش چشم‌گیر توان-عملیاتی می‌شد. در این مقاله یک پروتکل مبتنی بر CDMA معرفی شده است که در آن ریدرها هم زمان و در یک فرکانس شروع به ارسال کوئری‌ها می‌کنند. در بخش سوم و چهارم پروتکل پیشنهاد شده با جزئیات معرفی و ارزیابی می‌شود و در بخش آخر نیز نگاهی به نتیجه‌گیری و کارهایی که در آینده باید صورت بگیرد می‌اندازیم.

۳- پروتکل پیشنهادی

پروتکل پیشنهادی یک پروتکل متمرکز ضد تصادم ریدر مبتنی بر روش CDMA است که امکان همکاری ریدرها با هم را فراهم می‌کند. پروتکل پیشنهادی فرایند شناسایی تگ‌ها توسط چند ریدر را در چهار مرحله انجام می‌دهد. ابتدا برگزاری انتخابات بین ریدرها برای تعیین رئیس خوشه. مرحله دوم اختصاص کدهای یکتا به هر ریدر و در مرحله سوم نیز رئیس خوشه مشخص می‌کند که چه تگ‌هایی باید توسط چه ریدر-هایی شناسایی شوند و در مرحله‌ی آخر نیز شناسایی صورت می‌گیرد.

۳-۱ مرحله ی اول: تولید رئیس خوشه

تمام ریدرهایی که امواجشان با هم تداخل دارند، تشکیل یک خوشه را می‌دهند. هر خوشه از یک رئیس و چند عضو تشکیل شده است. رئیس خوشه توسط اعضای خوشه و از طریق انتخابات تعیین می‌شود. بدین ترتیب شبکه‌ی RFID از چندین خوشه تشکیل می-شود، که رئیس هر خوشه با مرکز مدیریت شبکه در ارتباط است. شکل ۱ ساختار کلی شبکه را نشان می-دهد.



شکل ۱ نمایش ساختار شبکه

برای انتخاب رئیس در هر خوشه سه فرایند زیر صورت می‌گیرد:

۱- ابتدا هر ریدر برای خود یک عدد تصادفی در بازه‌ی [۱-۰] تولید می‌کند و سپس این عدد را برای بقیه‌ی ریدرهای خوشه مخابره می‌کند. در نهایت هر ریدری که کوچکترین مقدار را تولید کرده است، به عنوان رئیس خوشه انتخاب می‌شود.

۲- ریدری که به عنوان رئیس خوشه انتخاب شد، مشخصات خودش را برای بقیه‌ی اعضای خوشه ارسال می‌کند تا همه‌ی اعضا رئیس را بشناسند.

۳- اعضای خوشه هم اطلاعات خود را برای رئیس ارسال می‌کنند.

در پایان این مرحله خوشه‌ها تشکیل، رئیس واعضای هر خوشه مشخص شده است.

۳-۲ مرحله دوم: اختصاص کدهای متعامد یکتا به هر ریدر

در این مرحله رئیس خوشه بر اساس روش CDMA به هر ریدر کد یکتای را اختصاص می‌دهد. روش CDMA برای تمایز قائل شدن بین ریدرها از کدهای متعامد یا شبه متعامد استفاده می‌کند. ما در این مقاله از کدهای والش که خاصیت تعامدی خوبی دارند، استفاده کردیم [9][10] با استفاده از این کدهای متعامد یکتا، تمام ریدرها از هم متمایز می‌شوند و می‌توانند در یک زمان و یک فرکانس شروع به شناسایی تگ‌ها بکنند. مرحله‌ی دوم پروتکل در دو گام زیر به ترتیب اجرا می‌شود:

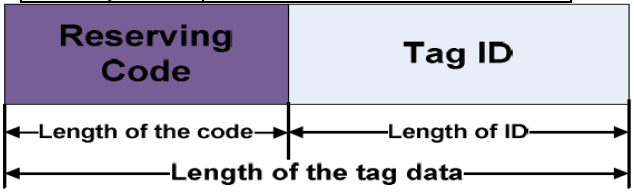
۱-ابتدا رئیس خوشه تعداد اعضای خوشه را مشخص می‌کند و یک گروه از کدهای والش را بر اساس تعداد ریدرهای خوشه تولید می‌کند.

۲-سپس رئیس خوشه بر اساس اعداد تصادفی که در مرحله‌ی قبل برای انتخابات از ریدرها دریافت کرده وارد عمل می‌شود. ابتدا این اعداد را مرتب می‌کند و سپس از کوچک به بزرگ برای تک تک ریدرها کدهای یکتا را ارسال می‌کند که در ادامه‌ی شناسایی تگ‌ها از این کدها استفاده کنند.

۳-۳ مرحله سوم: انتخاب کد توسط تگ‌ها

در این مرحله رئیس خوشه مجموعه کدهای اختصاص یافته به ریدرها را برای تگ‌ها ارسال می‌کند تا هر تگ، یکی از این کدها را برای خود انتخاب کند. در شکل ۲ محتوی داده‌های درون هر تگ را مشاهده می‌کنید، که شامل کد دریافت شده و اطلاعات خود تگ می‌باشد.

Parameter	Value
Simulation range	15m x 15m
Time to read one tag	5ms
Time to listen channel	5ms
Beacon period	5ms
Maximum Contention Window(CW)	5(pulse),60(pulse)
Number of reader	10,20,30,40,50,60,70,80,90,100
Number of Tag	10,20,30,40,50,60,70,80,90,100
Reader to reader collision distance	70 m
Multiple reader to tag collision distance	2m(default), 3m, 4m, 5m
Compared protocols	CDCIP, Gentle, Pulse
Frame Length	256
Slots of tag reserving procedure	1
Slots of cluster header election	2
Antenna Polarity	omni



شکل ۲ نمایش ساختار داده تگ

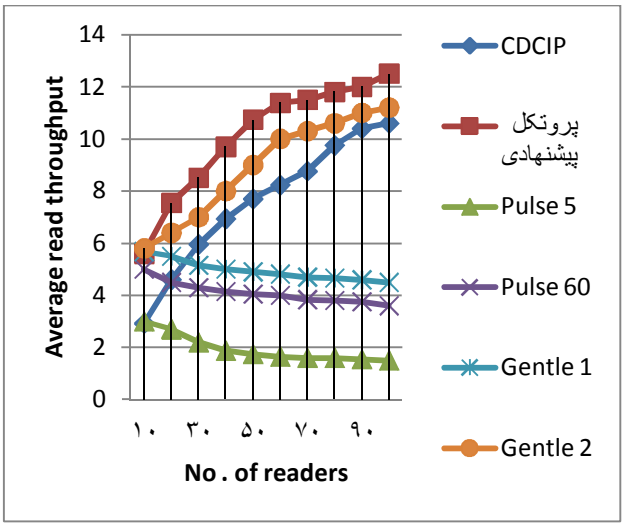
۳-۴مرحله چهارم: شناسایی تگ ها

با شروع شناسایی، هر تگ فقط توسط یک ریدر که حاوی همان کد هست، بدون تصادم و مزاحمت ریدرهای دیگر شناسایی می‌شود.

۴.شبیه سازی

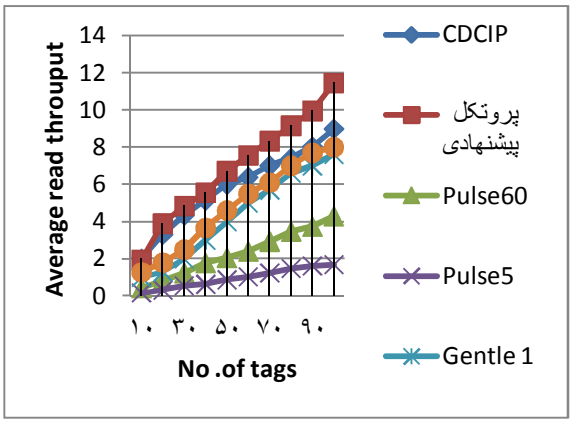
محیط شبیه‌سازی ما یک اتاق ۱۵*۱۵ متر مربع در نظر گرفته شده است. در مرحله‌ی اول شبیه سازی ما ریدرها و تگ‌ها را به طور تصادفی در اتاق پخش می‌کنیم از آنجایی که در مقاله [1] ذکر شده است مسافت تصادم ریدر به ریدر ۷۰ متر است پس تمام ریدرهای موجود در اتاق در پروتکل Pulse و Gentle با هم تداخل دارند و در پروتکل ما تشکیل یک خوشه را می‌دهند. جدول ۱ نشان دهنده‌ی مقادیر پارامترهای شبیه‌سازی پروتکل ماست که از مقادیر استاندار پروتکل LBT استفاده کرده‌ایم. برای مراحل تعیین رئیس خوشه و اختصاص کد به ریدرها ۴ برش زمانی را در نظر گرفته‌ایم [11]. و بعد از این ۴ برش ریدرها شروع به شناسایی تگ‌های مربوط به خود می‌کنند.

توان‌عملیاتی به عنوان مهم‌ترین شاخصه‌ی یک پروتکل RFID به این صورت تعریف می‌شود *تعداد تگ‌های شناسایی شده به واحد زمان*. زمان در نظر گرفته شده برای محاسبه‌ی توان‌عملیاتی فقط شامل زمان خواندن تگ‌هاست. توان‌عملیاتی این پروتکل در مقایسه با سایر پروتکل‌های شبیه‌سازی شده بهبود چشم‌گیری دارد. در نمودار ۱ توان‌عملیاتی پروتکل‌های شبیه‌سازی شده را در وضعیتی که ۱۰۰ تگ و هر بار یک تعداد ریدر در محیط وجود دارد را می‌بینید. با افزایش تعداد ریدرها توان‌عملیاتی پروتکل Pulse پایین می‌آید چون تعداد تصادم‌ها بیشتر می‌شود و این تصادم‌ها در Pulse ۵ بسیار بیشتر از Pulse ۶۰ می‌باشد، در نتیجه توان‌عملیاتی در Pulse ۵ کم‌تر از Pulse۶۰ است. پروتکل Gentle 1 که بهبود یافته‌ی پروتکل Pulse است، برتری خود در توان‌عملیاتی را نسبت به Pulse در این نمودار نشان می‌دهد. در پروتکل Gentle 2 چون از خواصیت فوروارد‌ینگ استفاده می‌شود، با افزایش تراکم ریدرها در محیط، در زمان خواندن تگ‌ها بیشتر صرفه‌جویی می‌شود و در نتیجه هر چه تعداد ریدرها بیشتر شود، توان‌عملیاتی نیز بیشتر می‌شود. در پروتکل CDCIP به علت وجود خاصیت تعاونی بین ریدرها، هر چه تعداد ریدرها بیشتر شود، زمان لازم برای خواندن همه‌ی تگ‌ها کمتر و در نتیجه توان‌عملیاتی بیشتر می‌شود و در نهایت در پروتکل پیشنهادی با رفع مشکل CDCIP و استفاده از تمام ریدرها توان‌عملیاتی با شیب بیشتری بهبود می‌یابد.



نمودار ۱ مقایسه‌ی توان‌عملیاتی پروتکل پیشنهادی با سایر پروتکل‌ها درحالت ۱۰۰ تگ و تعداد ریدرها متغیر

در نمودار ۲ توان‌عملیاتی پروتکل‌ها را در وضعیتی که



نمودار۲ مقایسه‌ی توان‌عملیاتی پروتکل پیشنهادی با سایر پروتکل‌ها در حالت ۶۰ ریدر و تعداد تگ‌ها متغیر

۶۰ ریدر و تعداد متفاوتی تگ در محیط وجود دارد را مشاهده می‌کنید. در پروتکل پیشنهادی و CDCIP که خواصیت تعاونی دارند، توان عملیاتی از همه بالاتر است. پروتکل Gentle 2 به خاطر استفاده از مکانیزم فوروارد‌ینگ، با افزایش تعداد تگ‌ها، توان‌عملیاتیش بیشتر می‌شود. پروتکل Pulse هم به خاطر تصادم‌های زیاد، کمترین توان‌عملیاتی را دارا می‌باشد.

۵-نتیجه گیری و کارهای آینده

در این مقاله یک پروتکل برای رفع مشکل تصادم ریدرها معرفی شده است. این پروتکل که مبتنی بر روش CDMA بوده به ریدرها اجازه می‌دهد تا در یک زمان و یک فرکانس شروع به شناسایی تگ‌ها بکنند. این هم زمانی در شروع به کار کردن ریدرها منجر می-شود تا از اتلاف زمان جلوگیری شود و توان‌عملیاتی به شدت بالا برود. در مقایسه‌ی توان‌عملیاتی پروتکل پیشنهاد شده با پروتکل‌های Pulse و Gentle، این بهبود کاملا به چشم می‌خورد.

از کارهایی که در آینده می‌شود روی این پروتکل انجام داد می‌توان به استفاده از کدهای متعامد دیگر و اختصاص کد به تگ‌ها بصورت متعادل را نام برد که باعث بالاتر رفتن توان‌عملیاتی می‌شود.

مراجع

[1] J. Yu, and W. Lee, Reducing reader collision for Mobile RFID, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2011.

[2] J. Myung and W. Lee, Adaptive Splitting Protocols for RFID Tag Collision Arbitration, *in Proc. ACM MobiHoc*, 2006.

[3] L. Liu, D. Yan, X. Lai, and S. Lai , A New Kind of RFID Reader Anti-collision Algorithm, *IEEE International Conference on Circuits and Systems for Communications*, 2008.

[4] S. Birari and S. Iyer, PULSE: A MAC Protocol for RFID Networks, *inProc. the 1st International Workshop on RFID and Ubiquitous SensorNetworks (USN'05)*, 2005.

[5] J. Yu and W. Lee, Reducing Reader Collision in Mobile RFID Networks, *The 4th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks*, 2008.

[6] C. Turner, White paper on the dense reader problem in Europe, *ISO-IEC JTC1/SC31/W4/SG3 Ad hoccommittee on dense reader problem*, 2006.

[7] K. Lee, Standard on Radio Specification for Mobile RFID Reader, *TTA, TTAS.KO-06.0119*, 2006.

[8] D.Engels and S.Sarma, The Reader Collision Problem, *IEEE International Conference on Systems, Man and Cyberbetics*, 2002.

[9] Z. Dou and X. Lei, CDMA wireless theory, *Beijing: Tsinghua University Press*, 2004.

[10] G.L. Stuber, Principles of Mobile Communication, *Kluwer Academic Publishers*, 2001.

[11] J. Qiao and W.Wang, Code Division Cooperative Identification Reader Anti-collision Protocol in Smart RFID systems, *19th International Conference on Telecommunications (ICT*) , 2012.