

طراحی و بهبود بخش دسترسی به کانال در سیستم شناسایی خودکار کشتی‌ها بر اساس ماهواره

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳

علیرضا قیاسی کرمانی^۱، حسین خالقی بیزکی^۲

۱- کارشناس ارشد، مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر

۲- استاد، مجتمع دانشگاهی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی مالک‌اشتر، Bizaki@yahoo.com

چکیده

سیستم شناسایی خودکار (AIS) یک تجهیز دریایی است که نظارت بر روی شناورها را با استفاده از ماهواره فراهم می‌کند. سیستم AIS از ماهواره‌ها به‌عنوان بستری برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می‌کند. کشتی‌ها سیگنال‌های AIS خود را به ماهواره‌ها ارسال می‌کنند و ماهواره‌ها این سیگنال‌ها را دریافت کرده و به پایگاه‌های زمینی مرتبط ارسال می‌کنند. سپس پایگاه‌های زمینی اطلاعات دریافت شده را پردازش و تحلیل می‌کنند تا موقعیت، سرعت، جهت و سایر اطلاعات مربوط به کشتی‌ها را تشخیص دهند. هنگام ارسال پیام توسط شناورها ممکن است شناورها یک شکاف زمانی یکسانی را انتخاب نمایند که موجب برخورد در کانال شود. برای ممانعت از برخورد، سیستم AIS از الگوریتم SOTDMA استفاده می‌کند. یکی از مشکلات این الگوریتم، مسئله بالابودن تأخیر در سامانه AIS نسبت به فاصله انتخاب و تعداد بسته ارسال است. برای غلبه بر این مشکل، سه راه‌حل پیشنهاد می‌شود: کاهش فاصله بین شکاف‌های مرکزی در SI، کاهش فاصله بین NIها و کاهش فاصله انتخاب نامزدها. در این مقاله از روش کاهش فاصله بین شکاف‌های مرکزی استفاده شده است. همچنین یکی دیگر از ویژگی‌هایی که در این مقاله مطرح شده است کاهش نرخ خطای بسته به نسبت الگوریتم مرجع است. نتایج شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی نشان‌دهنده کارایی مناسب آن در کاهش تأخیر حدود ۱۹ ثانیه‌ای بسته‌های ارسال است.

واژه‌های کلیدی: سامانه شناسایی خودکار (AIS)، بخش دسترسی کانال، الگوریتم SOTDMA

Designing and improving the access to the channel in the automatic ships identification system based on satellite

Hossein Khaleghi Bizaki¹, Alireza Ghiasi Kermani²

1- Professor, Electrical and Cybernetic Engineering Department, Malek Ashtar University of Technology, Iran

2- MSc Student, Electrical and Cybernetic Engineering Department, Malek Ashtar University of Technology, Iran

Abstract

Automatic Identification System (AIS) is a marine equipment that provides monitoring of vessels using satellite. AIS system uses satellites as a platform to send and receive information. Ships send their AIS signals to satellites, and the satellites receive these signals and transmit them to associated ground bases. Ground bases then process and analyze the received information to determine the position, speed, direction and other information about the ships. When sending messages by vessels, the vessels may choose the same time slot, which causes collisions in the channel. To prevent collision, AIS system uses SOTDMA algorithm. One of the problems of this algorithm is the problem of high delay in the AIS system compared to the selection interval and the number of sent packets. To overcome this problem, three solutions are proposed: reducing the distance between central gaps in SI, reducing the distance between NIs, and reducing the candidate selection distance. In this article, the method of reducing the distance between the central gaps is used. Also, another feature mentioned in this article is reducing the error rate depending on the reference algorithm. The simulation results of the proposed algorithm show its proper performance in reducing the delay of about 19 seconds of sent packets.

Keywords: Automatic Identification System (AIS), Media Access Control, SOTDMA algorithm.

۷

سال ۱۳ - شماره ۲

پاییز و زمستان ۱۴۰۳

نشریه علمی

دانش و فناوری هوا فضا





۱. مقدمه

برای نخستین بار در سال ۱۹۷۷ میلادی، سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO)^۱، سیستم شناسایی خودکار اطلاعات^۲ (AIS) را به صورت گسترده تعریف و توصیه نمود [۱]. بر اساس این توصیه، سامانه AIS باید ایمنی در دریا را با کمک کردن به: حرکت شناورها، محافظت محیط زیست و عملکرد بهینه سیستم کنترل ترافیک دریایی تأمین نماید. بهره‌گیری از سیستم AIS بین شناورها به منظور جلوگیری از برخورد و تصادف در دریا و همچنین در آب‌های ساحلی به عنوان ابزاری برای به دست آوردن اطلاعات شناورها و محموله آن‌ها برای مدیریت و کنترل ترافیک دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سامانه AIS شامل یک گیرنده ناوبری ماهواره‌ای، یک پردازنده ارتباطی و یک فرستنده گیرنده فرکانس بسیار بالا^۳ (VHF) است. گیرنده GNSS^۴، هم داده‌های موقعیتی و هم مرجع دقیق زمان را ارائه می‌دهد [۲]. اطلاعات شناور، مانند نام، موقعیت، سرعت، مسیر و سایر جزئیات با استفاده از فرستنده - گیرنده VHF برای شناورهای نزدیک و مقامات ساحلی پخش می‌شود. اتحادیه بین‌المللی مخابرات رعایت استاندارد فنی ITU-R M.1371 را برای AIS توصیه می‌کند [۳] [۴]. این توصیه، ویژگی‌های فنی سیستم و همچنین نحوه برآوردن الزامات عملیاتی استاندارد را مشخص می‌کند [۲].

در یک محیط دریایی کشتی‌های مختلفی وجود دارند که تمایل به ارسال اطلاعات مکانی خود به ایستگاه کنترلی (یا ماهواره‌ای) هستند. به منظور کاهش برخورد^۵ بسته‌های ارسالی، الگوریتم‌های مختلفی مبتنی بر تقسیم زمانی^۶ (TDMA) پیشنهاد شده است [۳] که عمده‌ترین

آن‌ها عبارت‌اند از:

الف- RATDMA^۷: یک طرح دسترسی TDMA ساده برای انواع مشخصی از انتقال داده و دستگاه‌های AIS است. این الگوریتم زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیاز به تخصیص یک شکاف از قبل اعلام نشده باشد.

ب- ITDMA^۸: این الگوریتم در موقعیت‌های خاص برای اعلام شکاف‌های ارسال پیام‌های غیردوره‌ای مانند اعلام عملیات جستجو و نجات، از قبل استفاده می‌شود.

ج- SOTDMA^۹: این الگوریتم پیچیده‌ترین طرح دسترسی TDMA است که برای AIS تعریف شده است و همچنین اساس عملیات ارتباط خودمختار شبکه AIS را فراهم می‌کند.

یک مقایسه اجمالی از الگوریتم‌های فوق در جدول (۱) نشان داده شده است. مطابق این جدول، الگوریتم SOTDMA یک انتخاب مناسب برای شبکه AIS است زیرا الگوریتم SOTDMA یک مدیریت پویا و مستقل از ظرفیت شبکه را در ناحیه‌های شلوغ فراهم می‌کند. اگر موقعیتی رخ دهد که تمام شکاف‌های TDMA اشغال شده باشند، قوانین استفاده مجدد از شکاف اعمال می‌شود. این قوانین اجازه می‌دهند که شکاف‌های اشغال شده بتوانند مجدداً استفاده شوند و تضمین می‌کند که گزارش‌های موقعیت به درستی ارسال و دریافت شوند.

جدول ۱. مقایسه روش‌های دسترسی کانال

SOTDMA	ITDMA	RATDMA
همه ایستگاه‌ها یک مرجع زمانی مشترک دارند که اطمینان حاصل می‌کند که همگی	همه ایستگاه‌ها دارای یک مرجع زمانی مشترک هستند که زمان شروع هر شکاف	همه ایستگاه‌ها دارای یک مرجع زمانی مشترک هستند که زمان شروع هر شکاف

می‌توانند زمان شروع هر شکاف TDMA را دقیقاً تعیین کنند.	TDMA را دقیقاً تعیین کنند	TDMA را دقیقاً تعیین کنند
هر انتقال داده شامل نشانی از شکاف TDMA است که توسط ایستگاه فرستنده برای ارسال‌های بعدی استفاده خواهد شد. این به ایستگاه‌های دریافت‌کننده اجازه می‌دهد تا نقشه‌ای از شکاف‌هایی که توسط کدام ایستگاه استفاده می‌شوند، ایجاد کنند.	ایستگاهی که برای ارسال پیام از ITDMA استفاده می‌کند از نقشه شکاف داخلی خود برای انتخاب تصادفی شکاف استفاده می‌کند که در حال حاضر توسط ایستگاه دیگری استفاده از این شکاف یا شکاف‌های بعدی که برای ارسال‌های غیردوره‌ای استفاده می‌شوند را اعلام نمی‌کند.	ایستگاهی که برای ارسال پیام از RATDMA استفاده می‌کند از نقشه شکاف داخلی خود برای انتخاب تصادفی شکاف استفاده می‌کند که در حال حاضر توسط ایستگاه دیگری استفاده از این شکاف یا شکاف‌های بعدی که برای ارسال‌های غیردوره‌ای استفاده می‌شوند را اعلام نمی‌کند.
هر ایستگاه از شکاف‌هایی که توسط ایستگاه‌های دیگر برای ارسال خود استفاده می‌کند، اجتناب می‌کند. این از دو ایستگاه که در برد یکدیگرند را با استفاده از یک شکاف مشابه جلوگیری می‌کند.	ITDMA زمانی استفاده می‌شود که یک ایستگاه نیاز به اعلام تغییر موقت در بازه گزارش یک پیام دوره‌ای، برای پیش اعلام یک پیام غیردوره‌ای یا در حین ورود به شبکه دارد.	RATDMA برای ارسال‌های دوره‌ای مناسب نیست؛ زیرا شکاف‌های اختصاص داده شده با استفاده از این تکنیک توسط سایر دستگاه‌های AIS قابل شناسایی نیستند. استفاده از RATDMA برای ارسال‌های دوره‌ای توسط بسیاری از دستگاه‌ها منجر به برخورد داده‌ها و به‌خطرافتادن یکپارچگی سیستم می‌شود.

کارآمدتر طراحی شده است. در حالی که SOTDMA چندین مزیت ارائه می‌دهد، در مقایسه با روش‌های دیگر انتقال AIS، ممکن است برخی تأخیرات را به وجود آورد. بیابید در مورد تأخیرات مرتبط با SOTDMA بحث کنیم:

۱. تأخیر اختصاص شکاف SOTDMA: بر اساس یک شبکه از ایستگاه‌های پایه برای اختصاص شکاف‌های زمانی خاص به کشتی‌ها برای انتقال پیام‌های AIS استفاده می‌کند. تأخیر در زمانی ایجاد می‌شود که یک کشتی از یک شکاف درخواست می‌دهد و باید منتظر شکاف بعدی در دسترس برای انتقال داده‌های خود باشد. این تأخیر ممکن است بسته به ازدحام در شبکه و تعداد کشتی‌هایی که سعی در دسترسی به سیستم AIS دارند، متغیر باشد.

۲. تأخیر همگام‌سازی شکاف در SOTDMA، کشتی‌ها باید انتقال‌های خود را با شکاف‌های زمانی اختصاص داده شده همگام کنند تا از برخورد‌ها جلوگیری کنند. این فرایند همگام‌سازی تأخیری را به دنبال دارد؛ زیرا کشتی‌ها باید زمان بندی انتقال خود را تنظیم کنند تا با شکاف‌های اختصاص داده شده همگام شوند.

در مقاله [۵] یک تحلیل و ارزیابی بر روی الگوریتم SOTDMA با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز NS-2 انجام شده است. اثر پارامترهای قابل پیکربندی مانند شکاف نامی $(NS)^{10}$ و افزایش نامی $(NI)^{11}$ و همچنین چگونگی پیکربندی پارامترها برای افزایش عملکرد سیستم مورد بررسی قرار گرفته است. برای مشاهده اثر هر پارامتر، یکی از آن‌ها را تغییر داده و دیگر

SOTDMA نسخه بهبودیافته تری از سیستم قدیمی تر CSTDMA است و به منظور مدیریت انتقال داده‌های AIS از کشتی‌ها به صورت



پارامترها را ثابت نگه داشته است. یکی دیگر از موارد ارزیابی شده در این مقاله، اثر تأخیر نسبت به فاصله انتخاب است. مشکلی که در این مرجع جود دارد، بالا بودن تأخیر است. در مقاله [۶] یک پروتکل دسترسی لایه MAC پیشنهاد شده است که در آن، قاب‌ها به چندین زیر قاب یا به قاب‌های کوچک‌تر تقسیم شده و بر اساس یک سری قوانین پیشنهادی برای تخصیص شکاف‌های زمانی، شناورها می‌توانند از طریق قاب‌های فرعی موجود خود، شکاف زمانی مناسب را برای ارسال داده‌ها رزرو کنند. همچنین در این مقاله تأخیر برای پروتکل پیشنهادی محاسبه شده و با پروتکل SOTDMA مقایسه شده است. نتیجه این مرجع نشان می‌دهد که پروتکل پیشنهادی ۲۶ درصد تأخیر کمتری نسبت به SOTDMA دارا است.

با در نظر گرفتن این مسئله، هنگامی که شناور درخواست خود را ارسال می‌کند تا زمانی که پیام توسط گیرنده دریافت شود یک تأخیر نسبتاً بزرگی در سامانه به وجود می‌آید که سبب کاهش کارایی شبکه می‌شود، مقاله حاضر تلاش می‌کند با ارائه یک الگوریتم جدید، مسئله تأخیر در سامانه AIS را کاهش دهد و باعث افزایش کارایی الگوریتم شود. با توجه به این که الگوریتم پیشنهادی، بهبود یافته الگوریتم SOTDMA است، در ادامه به توضیح مختصر این الگوریتم می‌پردازیم.

۲. الگوریتم SOTDMA

پروتکل SOTDMA از یک رویکرد مبتنی بر TDMA استفاده می‌کند که در آن زمان در داخل قاب‌هایی با طول از پیش تعریف شده ثابت تقسیم می‌شود. هر بسته‌ای که توسط شناورها ارسال می‌گردد باید دارای یک بازه زمانی، مبدأ و

موقعیت گره فرستنده باشد. این پارامترها برای تعیین مدت زمان تخصیص شکاف و فاصله بین ارسال‌های متوالی استفاده می‌شود. علاوه بر این، هر شناور باید بداند که شکاف‌ها از چه زمانی آغاز و در چه زمانی به پایان می‌رسند. به همین علت یک سیستم ناوبری ماهواره‌ای جهانی مانند GPS مورد نیاز است. شناورها، شکاف ارسالی خود را بر اساس اطلاعات سایر شناورها تعیین می‌کنند. فرایند رزرو شکاف به چهار مرحله تقسیم می‌شود: مرحله راه‌اندازی اولیه، ورود به شبکه، مرحله نخست فریم و مرحله عملیات پیوسته. در ادامه این چهار مراحل، با توجه به جدول ۲، به اختصار توضیح داده می‌شوند [۳].

جدول ۲. پارامترهای مورد الگوریتم SOTDMA [۳]

نماد	نام	شرح
NSS	شکاف آغازین نامی	این اولین شکافی است که توسط یک ایستگاه برای اعلام خود در پیوند داده به کار می‌برد. دیگر ارسال‌های تکراری به‌طور کلی با NSS به‌عنوان مرجع انتخاب می‌شوند. وقتی ارسال‌هایی با نرخ گزارش‌دهی مشابه با استفاده از هر دو کانال A و B ایجاد می‌شوند، NSS برای کانال دوم (B) با مبدأ NSS کانال اول به‌وسیله NI است: $NSSB = NSSA + NI$
NS	شکاف نامی	شکاف نامی که به‌عنوان مرکز به کار می‌رود، شکاف‌های اطراف آن برای گزارش‌های مکانی انتخاب می‌شوند. برای ارسال اول در قاب، NSS و NS برابر هستند. NS وقتی فقط

تحت نظر دارد تا فعالیت کانال، سایر شناسه‌های
اعضاء شرکت کننده، جزئیات شکاف فعلی،
موقعیت سایر کاربران و احتمال وجود
ایستگاه‌های پایه را تعیین کند. در این دوره
زمانی، یک فهرست کاربر از همه ایستگاه‌های
دریافتی ایجاد می‌شود. یک نقشه قاب ساخته
می‌شود که نشان دهنده فعالیت کانال TDMA
مانند وضعیت شکاف‌ها، شماره شکاف‌ها و غیره
است. شکل ۱ الگوریتم مرحله راه‌اندازی را نشان
می‌دهد [۲].



شکل ۱. الگوریتم مرحله راه‌اندازی

۲-۲- مرحله ورود به شبکه

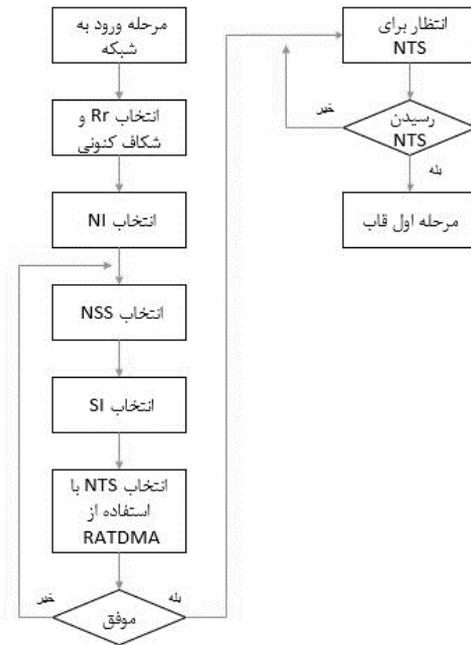
در مرحله ورود به شبکه، ایستگاه مورد نظر، اولین
شکاف خود را برای ارسال انتخاب می‌کند تا
شناور را برای سایر ایستگاه‌های شرکت کننده
قابل مشاهده کند. اولین پیام ارسال همیشه
گزارش موقعیت برنامه‌ریزی شده است. شکل ۲
الگوریتم مرحله ورود به شبکه را نشان می‌دهد.
شکاف شروع اسمی NSS^{12} به طور تصادفی بین
شکاف فعلی و شکاف‌های NI بعدی انتخاب
می‌شود. اولین شکاف اسمی NS^{13} همیشه برابر

		یک کانال استفاده می‌شود برابر است با: $NS = NSS + (n \times NI); (0 \leq n \leq Rr)$ وقتی ارسال‌ها با دو کانال A و B انجام می‌شود، فاصله شکاف بین شکاف‌های نامی روی هر کانال دوبرابر شده و از NI شروع می‌شود: $NSA = NSSA + (n \times 2 \times NI);$ $0 \leq n \leq 0.5 \times Rr$ $NSB = NSSA + NI +$ $(n \times 2 \times NI);$ $0 \leq n \leq 0.5 \times Rr$
NI	افزایش نامی	افزایش نامی در تعداد شکاف‌ها داده می‌شود و با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید: $NI = 2250/R$
Rr	نرخ گزارش	تعداد دلخواه گزارش‌های موقعیت در هر دقیقه است. $Rr = 60/RI$ (RI دوره زمانی گزارش است)
SI	دوره زمانی انتخاب	SI مجموعه شکاف‌هایی است که می‌تواند کاندیدای گزارش موقعیت باشد. SI با استفاده از معادله زیر به دست آمده است: $SI = (NS - (0.1 \times NI) \text{ to } NS + (0.1 \times NI))$
NTS	شکاف ارسالی نامی	شکافی که در یک فاصله انتخاب، در حال حاضر برای انتقال در آن بازه استفاده می‌شود
slot time- out	وقفه شکاف زمانی	مشخص کننده تعداد قاب باقی مانده برای انتخاب شکاف جدید است

۲-۱- مرحله راه‌اندازی اولیه

هنگام روشن شدن سامانه AIS، ایستگاه مربوطه
حداقل به مدت یک دقیقه کانال TDMA را

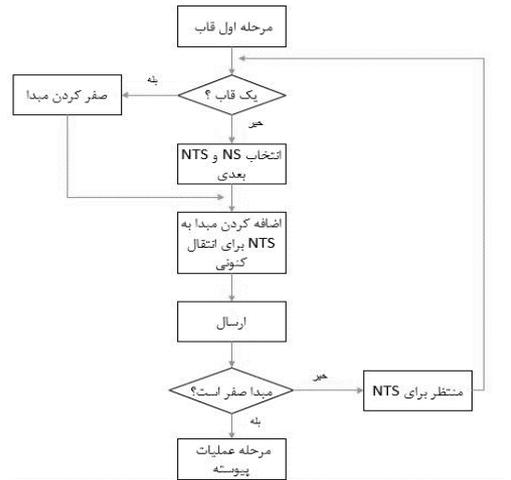
با NSS است. شکاف انتقال اسمی^{۱۴} (NTS) به طور تصادفی از بین شکاف‌های نامزد در SI انتخاب می‌شود [۲]. شکل ۲ الگوریتم مرحله ورود به شبکه را نشان می‌دهد [۴].



شکل ۲. الگوریتم مرحله ورود به شبکه

۲-۳- مرحله نخست قاب

در مرحله اول قاب، ایستگاه به طور مداوم شکاف‌های ارسالی خود را اختصاص داده و گزارش‌های موقعیت برنامه‌ریزی شده را با استفاده از ITDMA منتقل می‌کند. شکل ۳ الگوریتم مرحله اول قاب را نشان می‌دهد. هنگامی که نقشه قاب نشان می‌دهد که NTS در حال نزدیک شدن است، NS بعدی انتخاب می‌شود. با استفاده از الگوریتم SOTDMA، یک NTS جدید در بین شکاف‌های نامزد در SI انتخاب می‌شود. مبدأ NTS بعدی محاسبه و برای مرحله بعدی ذخیره می‌شود [۲]. شکل ۳ الگوریتم مرحله نخست قاب را نشان می‌دهد.



شکل ۳. الگوریتم مرحله نخست قاب

۲-۵- مرحله عملیات پیوسته

ایستگاه تا زمانی که خاموش نشود یا وارد حالت تخصیص داده شده نشود در مرحله عملیات پیوسته است. شکل ۴ عملکرد مرحله عملیات پیوسته را نشان می‌دهد. اگر time-out شکاف صفر شود، یک NTS جدید انتخاب می‌شود. SI در اطراف NS برای شکاف‌های نامزد جستجو شده و یکی از نامزدها به طور تصادفی انتخاب می‌شود. مبدأ NTS فعلی و NTS جدید محاسبه و به‌عنوان مقدار جابجایی شکاف اختصاص داده می‌شود. به NTS جدید یک مقدار time-out با مقدار تصادفی انتخاب شده بین ۳ تا ۷ اختصاص داده می‌شود. مقادیر time-out که تعداد فریم‌های باقیمانده تا انتخاب یک شکاف جدید است و slot offset که تعیین‌کننده‌ی ارسال در طول قاب بعدی است در حالت ارتباطی الگوریتم SOTDMA قرار می‌گیرند [۲]. شکل ۴ الگوریتم مرحله نخست قاب را نشان می‌دهد.

۳. احتمال برخورد

۳-۱- مسئله برخورد

در این بخش به بررسی مسئله برخورد و همچنین محاسبه احتمال برخورد شکاف هنگامی که دو ایستگاه در حال ارسال پیام‌های خود در دو کانال A و B هستند می‌پردازیم. به منظور بررسی مسئله برخورد شکاف‌ها دو سناریوی مختلف به صورت زیر در نظر می‌گیریم. [۷].

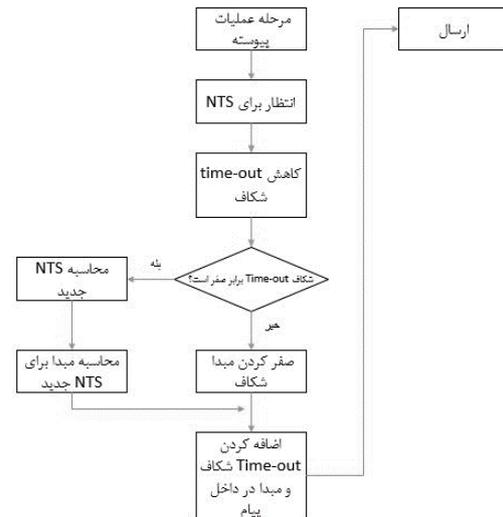
الف - سناریوی اول

در این سناریو سه شناور برای ارسال اطلاعات در نظر گرفته می‌شوند به گونه‌ای که هر کدام دارای اطلاعات پیام شماره ۱ می‌باشند. اطلاعات شناورها به صورت جدول ۳ در نظر گرفته شده است.

جدول ۳. مقادیر تعریف شده توسط کاربر در سناریوی اول

	قاب	شکاف	بیت
شناور اول	۱	۵۰	۱۰۰
شناور دوم	۴	۲۰۰	۵۰
شناور سوم	۶	۱۰۰۰	۱۹۲

مطابق شکل ۵ در مرحله راه‌اندازی اولیه ابتدا شناور ۱ کانال AIS را به مدت یک دقیقه یا به اندازه یک قاب نظارت می‌کند تا بتواند اطلاعات کانال و وضعیت تخصیص شکاف‌ها را به دست آورد. در مرحله ورود به شبکه شناور ۱ یک شکاف را به صورت تصادفی برای اعلان ارسال خود انتخاب می‌کند. این شکاف در شکل ۵ به عنوان شکافی که برای ارسال در ۴ قاب جلوتر نشان داده شده است، مشخص شده است. سپس شناور ۱ با یک مبدأ^{۱۵} که به مقدار زمانی که در آن، محل ارسال مشخص می‌شود، اشاره دارد؛ که مطابق شکل ۶ مقدار اولیه مبدأ برابر ۳ و سپس برای

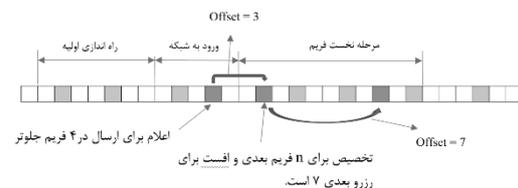


شکل ۴. الگوریتم مرحله عملیات پیوسته

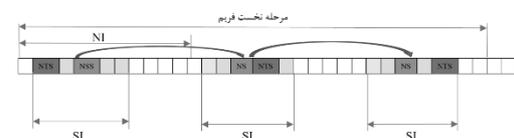
در ادامه مقاله، در بخش سوم به بررسی مسئله برخورد و محاسبه احتمال برخورد می‌پردازیم. در این بخش، دو سناریو مختلف برای وقوع برخورد تعریف شده است. برای هر سناریو، احتمال وقوع برخورد و وضعیت‌های ممکن برخورد نیز توضیح داده شده است. پس از بررسی مسئله برخورد، در بخش چهارم الگوریتم پیشنهادی با نام SOTDMA برای کاهش تأخیر در دو روش مختلف ارائه شده است. این الگوریتم در هر دو روش به بهبود کارایی و کاهش تأخیر در ارتباطات کمک می‌کند. در بخش پنجم برای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، شبیه‌سازی‌های مختلفی انجام شده است. این شبیه‌سازی‌ها شامل محاسبه نرخ خطای بسته و تأخیر الگوریتم پیشنهادی می‌شوند. این نتایج به منظور ارزیابی دقت و صحت عملکرد الگوریتم در شبیه‌سازی‌های مختلف استفاده شده‌اند. در نهایت در بخش ششم، نتایج این بخش از مقاله نشان می‌دهند که الگوریتم پیشنهادی SOTDMA توانایی بهبود عملکرد و کاهش تأخیر در ارتباطات را دارد.



انتخاب دوم مقدار ۷ به آن اختصاص داده می‌شود. در مرحله بعدی شناور ۱ وارد مرحله نخست قاب می‌شود که در بخش ۲-۳ به آن اشاره شده است سپس شناور ۲ و ۳ هم به همین ترتیب مراحل را انجام می‌دهند.



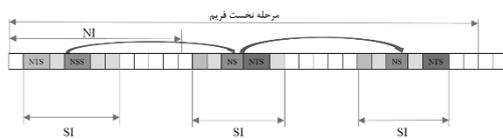
شکل ۵ مراحل انتخاب شکاف توسط شناور ۱ در قاب نخست مطابق شکل ۶ در مرحله نخست قاب هنگامی که شناور شکاف اعلام شده خود را انتخاب کرد، الگوریتم ابتدا باید فاصله‌ای که شکاف‌های کاندید یا SI درون آن قرار می‌گیرند را با استفاده از الگوریتم SOTDMA انتخاب می‌شود. سپس از میان کاندیدها، ابتدا NSS یا NS را به‌عنوان شکاف مرکزی انتخاب می‌شود. سپس شکاف ارسالی یا NTS را با استفاده از الگوریتم RATDMA انتخاب و پیام را داخل شکاف قرار می‌دهد تمامی پارامترها در جدول ۲ بیان شده است.



شکل ۶ نحوه‌ی انتخاب NS و NTS و قرارگیری پیام در شکاف

مطابق شکل ۷ در الگوریتم SOTDMA پارامتری به نام زمان وقفه وجود دارد که تعداد ارسال‌هایی که قرار است در شکاف انتخابی ارسال شود را تعیین می‌کند [۴]. برای شناور ۱ مقدار پارامتر زمان وقفه شکاف برابر با ۲ است بدین

معنی که برای ۲ قاب متوالی شکاف کنونی خود را رزرو و ارسال را در همان شکاف انجام می‌دهد.



شکل ۷ رزرو شکاف برای ارسال‌های آینده

ب- سناریوی دوم

در این سناریو نیز سه شناور برای ارسال اطلاعات با پارامترهای به‌صورت جدول ۴ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴: مقادیر تعریف شده در شبیه‌ساز برای

سناریو دوم

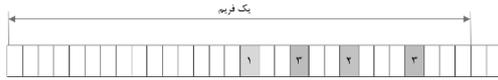
شناور	قاب	شکاف	بیت
شناور اول	۱	۵۰	۲۰
شناور دوم	۱	۵۰	۶۰
شناور سوم	۴	۱۰۰۰	۱۹۲

در این سناریو فرض می‌کنیم همه شناورها در محدوده ارسالی یکدیگر هستند تا بتوانند بسته‌های ارسالی از هر شناور را دریافت کنند. وضعیت‌های رخداد برخورد در سیستم به‌صورت زیر است [۸]:

الف- وضعیت اول: مطابق شکل ۸ دو شناور به‌طور هم‌زمان در یک‌زمان و به‌صورت تصادفی شکاف یکسانی را برای ورود به شبکه انتخاب می‌کنند.

ب- وضعیت دوم: تمام شکاف‌های دسترسی تصادفی در مرحله ورود به شبکه به‌عنوان شکاف اشغال شده هستند. در این حالت شناور وارد شده مجدداً از شکاف مشغول توسط شناور دورتر استفاده می‌کند.

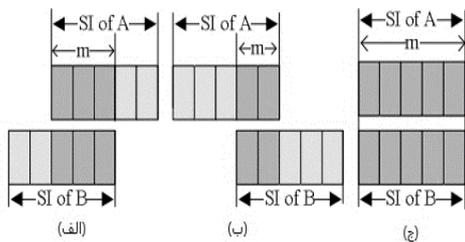
ج- وضعیت سوم: مجموعه شکاف‌های نامزد برای برآورده کردن حداقل تعداد شکاف‌های نامزد



شکل ۹. انتخاب شکاف ارسالی بعد از رفع برخورد

۳-۲- محاسبه احتمال برخورد

برخورد برای دو شناور زمانی رخ می‌دهد که SI شناورها تا حدی یا به طور کامل همپوشانی داشته باشند. بدترین حالت زمانی است که SI ها دارای همپوشانی کامل باشند (شکل ۱۰) [۱۰].



شکل ۱۰. نمایش همپوشانی بین SI ها

مطابق شکل (۱۰)، زمانی که SI دو شناور باهم همپوشانی دارند، با توجه به اینکه نقطه میانی فقط $NI - SI + 1$ شکاف‌های ممکنه را دارا است. X_m در رابطه (۱) تعیین کننده‌ی تعداد همپوشانی شکاف‌های SI شناورهای A و B است. احتمال انتخاب شکاف کاندید برابر است با:

$$P(X_m) = \frac{1}{NI - SI + 1} \quad (1)$$

در این حالت سه وضعیت ممکن است رخ دهد:

الف - حالت اول: SI دو شناور به طور کامل با یکدیگر همپوشانی داشته باشند، یعنی $m = SI$ که در این حالت مطابق شکل ۱۰-ج داریم [۱۰]:

$$P(Y_m) = \sum_{i=1}^m P(b_i | a_i) P(a_i) \quad (2)$$

$$= \left(\frac{1}{SI}\right) \times \left(\frac{1}{SI}\right) \times m$$

مورد نیاز تشکیل شده و یک شکاف اشغال شده توسط یک کشتی دیگر در حین انجام یک رزرو (رزرو دوباره) انتخاب می‌شود.

وضعیت اول را می‌توان به‌عنوان یک بدشانه‌ی تلقی کرد و در شبکه‌های بی‌سیم سنتی که قادر به «گوش‌دادن در حین صحبت»^{۱۶} نیستند نمی‌توان اقدام متقابلی علیه آن داشت. اگر حداقل مدت‌زمان مرحله ورود به شبکه برای یافتن شکاف از شکاف‌های موجود در قاب بسیار کم باشد وضعیت دوم به‌راحتی رخ می‌دهد. وضعیت سوم اگر شکاف‌های آزاد در مجموعه شکاف‌های نامزد وجود داشته باشند به‌گونه‌ای که تعداد کمی از شکاف‌های مورد نیاز در مجموعه نامزدها وجود داشته باشند می‌تواند رخ دهد. در این مورد حتی اگر شکاف‌های آزاد در دسترس باشند یک شکاف اشغال شده توسط کشتی دیگری، ممکن است انتخاب شود.

مطابق شکل ۸، شناور ۱ و شناور ۲، به‌طور هم‌زمان اقدام به رزرو شکاف ارسالی ۱۰ می‌کنند. این امر باعث می‌شود که هر دو شناور در شکاف زمانی ۱۰ پیام ارسال کنند. پیام‌های ارسالی توسط شناور ۱ و شناور ۲ با یکدیگر برخورد می‌کنند و اطلاعات آن‌ها قابل تشخیص نیست.



شکل ۸. سناریوی رخداد برخورد

مطابق شکل ۹ ابتدا یک ایستگاه زمینی برخورد پیام‌های ارسالی را تشخیص می‌دهد. سپس شناور ۱ شکاف ارسالی جدیدی (شکاف ۱۶) را رزرو می‌کند و شناور ۲ نیز شکاف ۲۲ را انتخاب می‌کند سپس پیام‌های خود را در شکاف ارسالی جدید ارسال می‌کنند.



که در آن Y_m نشان دهنده انتخاب شکاف‌های مشابه شناورهای A و B در مجموعه m تائی مشترک است. همچنین a_i انتخاب شکاف i ام در SI شناور A است و b_i انتخاب شکاف i ام در SI شناور B است.

ب- حالت دوم: هنگامی که SI دو شناور تا حدی با یکدیگر همپوشانی داشته و $1 \leq m \leq SI/2$ باشد. این حالت ممکن است به دو صورت رخ دهد: در قسمت چپ یا راست هر یک از SI ها همچنان که در شکل ۱۰ ب نشان داده شده است. در این حالت، احتمال برخورد برابر است با $[10]$:

$$\begin{aligned} P(Y_m) &= \sum_{i=1}^m P(b_i|a_i) P(a_i) \\ &+ \sum_{i=SI-m+1}^{SI} P(b_i|a_i) P(a_i) \quad (3) \\ &= \left(\frac{1}{SI}\right) \times \left(\frac{1}{SI}\right) \times m \times 2 \end{aligned}$$

ج- حالت سوم: هنگامی که $SI/2 \leq m \leq SI$ باشد (شکل ۱۰ الف). در این حالت، دو بازه m بیشتر فاصله انتخاب شناور اول را پوشش می‌دهد. به منظور محاسبه احتمال برخورد باید دو بازه مجزا به اندازه m و $SI - m$ را در نظر گرفت $[10]$:

$$\begin{aligned} P(Y_m) &= \sum_{i=1}^m P(b_i|a_i) P(a_i) \\ &+ \sum_{i=m+1}^{SI} P(b_i|a_i) P(a_i) \quad (4) \\ &= \left(\frac{1}{SI}\right) \times \left(\frac{1}{SI}\right) \times m \\ &+ \left(\frac{1}{SI}\right) \times \left(\frac{1}{SI}\right) \\ &\times (SI - m) \end{aligned}$$

باتوجه به روابط ۱ تا ۴ نتیجه می‌گیریم که وقتی SI دو شناور باهم همپوشانی دارند، احتمال

برخورد در نخستین شکافی که می‌توان دریافت کرد به صورت رابطه ۵ است:

$$P(Y_m) \times P(X_m) = \begin{cases} \frac{2m}{[SI^2 \times (NI - SI + 1)]} & 1 \leq m \leq \frac{SI}{2} \\ \frac{1}{SI \times (NI - SI + 1)} & \frac{SI}{2} < m < SI \end{cases} \quad (5)$$

بنابراین، رابطه ۵ را به صورت رابطه ۶ می‌نویسیم:

$$\begin{aligned} P &= \sum_{m=1}^{SI} P(Y_m) \times P(X_m) \\ &= \sum_{m=1}^{\frac{SI}{2}} \frac{2m}{[SI^2 \times (NI - SI + 1)]} \\ &+ \sum_{m=(\frac{SI}{2}+1)}^{SI} \frac{1}{SI \times (NI - SI + 1)} \quad (6) \end{aligned}$$

با فرض این که تعداد شکاف‌ها در یک فریم برابر با ۲۲۵۰ باشد، احتمال برخورد شکاف با نرخ گزارش متفاوت محاسبه شده و در جدول ۵ آمده است. این جدول نشان می‌دهد که احتمال برخورد شکاف با افزایش نرخ گزارش تغییر می‌کند. همچنین، احتمال برخورد شکاف با افزایش نرخ گزارش تقریباً در یک رشد خطی تغییر می‌کند. در عمل، نرخ گزارش بیش از ۳۰ بار در هر فریم نخواهد بود.

جدول ۵. محاسبه احتمال برخورد به ازای نرخ‌های

گزارش موقعیت گوناگون

گزارش موقعیت	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
احتمال برخورد	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱

۴. الگوریتم پیشنهادی

برای کاهش تأخیر چندین راه وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از: کاهش فاصله بین شکاف‌های مرکزی در SI، کاهش فاصله بین NI ها و کاهش فاصله انتخاب نامزدها. ما برای کاهش تأخیر، فاصله بین شکاف‌های مرکزی یا

$$NS = (1/Y)^N \times (NSS + (n \times 2 \times NI)) \quad (9)$$

۵. شبیه‌سازی و تحلیل نتایج

هنگام ارسال پیام باید SNR کافی در گیرنده برای تشخیص صحیح پیام وجود داشته باشد. این شبیه‌سازی به منظور بررسی نرخ خطای بسته انجام شده است. برای رسم نرخ خطای بسته، مطابق استاندارد، ۲۵۶ بیت از پیام را یک بسته در نظر گرفته و این بسته را ۱۰۰ مرتبه ارسال می‌کنیم اگر تمام ۲۵۶ بیت از بسته با موفقیت دریافت شود، نرخ خطای بسته صفر است. این سناریو با در نظر گرفتن مدولاسیون GMSK در نرم‌افزار MATLAB و تغییر SNR بین ۱۰- تا ۱۰ دسی‌بل شبیه‌سازی شده است. همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، در سیگنال به نویز ۰ تا ۳ دسی‌بل نرخ خطای بسته حدود ۰.۹٪ است. این امر به این معنی است که از هر ۱۰۰ بسته ارسال شده، فقط ۱۰ بسته با موفقیت دریافت می‌شوند. این امر به این دلیل است که در این شرایط، قدرت سیگنال ارسالی برای تشخیص صحیح پیام در گیرنده کافی نیست؛ اما در سیگنال به نویز ۳ دسی‌بل به بعد نرخ خطای بسته حدود ۰.۲٪ است. این امر به این معنی است که از هر ۵ بسته ارسال شده، فقط ۱ بسته با موفقیت دریافت نمی‌شود. به منظور مقایسه دقیق‌تر، نتایج مرجع [۹] نیز در این شکل نشان داده شده است. از این شکل مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به این مرجع دارد.

NSها در یک قاب را کاهش دادیم. در ابتدا در یک قاب می‌بایست شکاف مرکزی NSS را به صورت تصادفی انتخاب نموده و سپس شکاف مرکزی بعدی که NS نام دارد را با استفاده از رابطه (۷) انتخاب نمود. [۴].

$$NS = NSS + (n \times 2 \times NI) \quad (7)$$

برای این منظور دو روش را به صورت زیر پیشنهاد می‌کنیم.

۴-۱- روش پیشنهادی اول

برای کاهش تأخیر، پارامتر Y را در رابطه ۷ اثر داده و نتیجه به صورت رابطه ۸ در نظر گرفته می‌شود. پارامتر Y با آزمون و خطا برای رابطه ۷ انتخاب شده است که باعث کاهش تأخیر می‌شود.

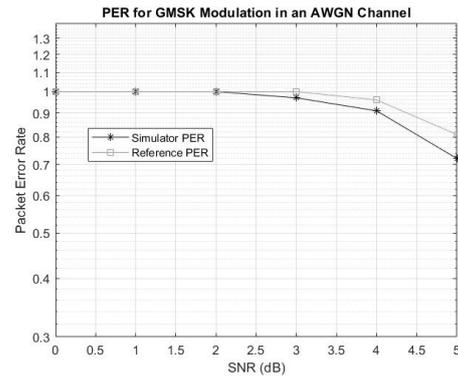
$$NS = (1/Y) \times (NSS + (n \times 2 \times NI)); 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

پارامتر Y، بین ۱ تا تعداد بسته‌های ارسالی محدود شده است. اضافه کردن پارامتر Y موجب کاهش فاصله شکاف درخواست شناور و شکاف دریافت پیام می‌شود.

۴-۲- روش پیشنهادی دوم

باتوجه به روش پیشنهادی اول می‌بایست رابطه را به گونه‌ای تغییر دهیم که تأخیر نسبت به SI، هم کاهش یابد و هم ثابت بماند. برای اینکه بتوان مقدار تأخیر نسبت به SI را ثابت نگه داشت می‌بایست رابطه را به گونه‌ای تغییر داد که به ازای مقادیر مختلفی از SI ثابت بماند. برای این امر می‌توان پارامتر N که تعداد شناورهایی که قصد ارسال پیام رادارند، را در رابطه ۸ اثر داد.





شکل ۱۱. نرخ خطای بسته در مدولاسیون GMSK و مقایسه آن با مقاله مرجع

۵-۱- نرخ تحویل بسته و تأخیر

یکی دیگر از معیارهای اندازه‌گیری عملکرد سامانه، نرخ تحویل بسته است که عبارت است از: نسبت تعداد شناورهایی که پیام را دریافت می‌کنند به تعداد شناورهایی که در داخل محدوده ارسال پیام شناور هستند. همچنین نرخ تحویل بسته با افزایش SI تغییر زیادی نمی‌کند. در SOTDMA برخورد پیام، زمانی اتفاق می‌افتد که بیش از دو شناور در یک فاصله نزدیک به یکدیگر، یک شکاف مشابه را انتخاب کنند. احتمال انتخاب شکاف مشابه، به ندرت با تغییر SI به دلایل زیر تغییر می‌کند [۵]:

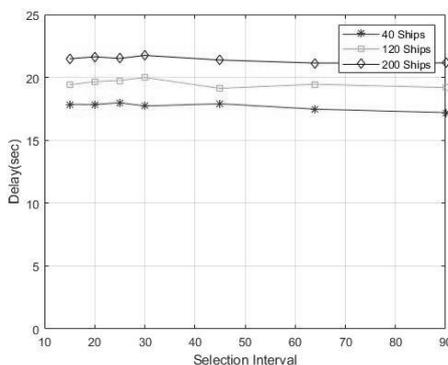
رخداد اول: SIهای شناورها باید باهم همپوشانی داشته باشند.

رخداد دوم: دو شناور باید یک شکاف مشابه را در قسمت همپوشانی انتخاب کنند.

رخداد اول با افزایش SI محتمل‌تر می‌شود در حالی که رخداد دوم با افزایش SI کاهش می‌یابد. پس نتیجه می‌گیریم که احتمال انتخاب یک شکاف مشابه توسط دو شناور به ندرت تحت تأثیر SI قرار می‌گیرد.

یکی دیگر از معیارهای سنجش سیستم، تأخیر است که عبارت است از: فاصله بین زمان درخواست شناور و زمان دریافت بسته [۹]. مطابق

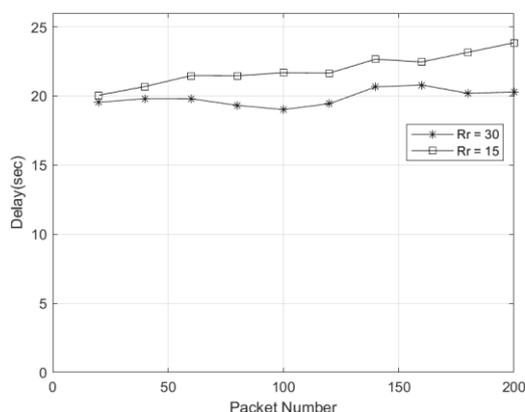
شکل ۱۲، شبیه‌سازی‌ها به‌ازای تعداد ۴۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ شناور انجام شده است. نتایج در شکل ۱۳ نشان می‌دهد که تأخیر در الگوریتم SOTDMA تغییر چندانی نسبت به تغییرات SI ندارد. عامل اصلی تأخیر، فاصله بین زمان درخواست شناور برای ارسال پیام و زمان دریافت بسته توسط گیرنده است بدیهی است که زمان تولید پیام مستقل از SI است؛ بنابراین تأخیر تحت تأثیر طول SI قرار نمی‌گیرد؛ اما تأخیر با افزایش تعداد شناورها افزایش می‌یابد. این امر به این دلیل است که در الگوریتم RATDMA، شناورها برای ارسال پیام باید شکاف ارسالی را رزرو کنند. اگر تعداد شناورها زیاد باشد، ممکن است شناورها مجبور شوند مدت زمان بیشتری منتظر بمانند تا بتوانند شکاف ارسالی خود را رزرو کنند.



شکل ۱۲. نمودار تأخیر برحسب فاصله انتخاب شکاف در یک قاب برای تعداد شناور ۴۰ و ۱۲۰ و ۲۰۰

هدف از شبیه‌سازی محاسبه تأخیر به وجود آمده در سامانه نسبت به تعداد پیام ارسالی است تا بتوان با ارائه راهکار مناسب که در بخش ۵ به آن پرداخته شد تأخیر را کاهش دهیم. با توجه به شکل ۱۳ نتایج نشان می‌دهد که هرچقدر تعداد بسته افزایش پیدا کند مدت زمانی که طول می‌کشد بسته به مقصد برسد تغییر زیادی نداشته و عددی بین ۱۹ تا ۲۱ ثانیه تغییر می‌کند. این

تغییر کم به دلیل فاصله تقریباً ثابت بین شکافی که شناور درخواست می‌دهد تا زمانی که پیام دریافت شود است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که تأخیر در نرخ گزارش ۱۵ بیشتر از نرخ گزارش ۳۰ است. این امر به این دلیل است که در نرخ گزارش ۱۵، شناورها باید پیام‌های خود را با فواصل زمانی کمتری ارسال کنند. این امر باعث افزایش احتمال اینکه دو شناور هم‌زمان برای ارسال پیام درخواست شکاف ارسالی کنند، می‌شود.



شکل ۱۳. نمودار تأخیر برحسب تعداد بسته در یک قاب برای دو نرخ گزارش دهی ۱۵ و ۳۰

همچنین با توجه به شکل‌های ۱۲ و ۱۳ می‌توان تأخیر ۲۰ ثانیه‌ای که در سیستم رخ داده را مشاهده نمود.

۵-۲- نتایج شبیه‌سازی روش‌های پیشنهادی

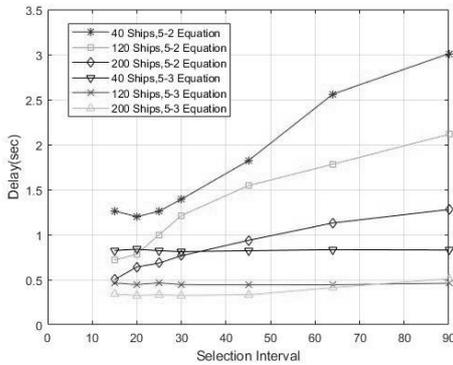
اول و دوم

در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نتایج مربوط به شبیه‌سازی روش پیشنهادی اول ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود هنگامی که ضریب γ در رابطه ۸ ضرب می‌شود توالی انتخاب مراکز SI کاهش می‌یابد بدین صورت فاصله پیام درخواست شناور و دریافت پیام کاسته

می‌شود. در نتیجه تأخیر ایجاد شده در سیستم نیز کاهش می‌یابد؛ اما به مرور زمان هنگامی که تعداد شکاف‌ها در بازه‌ی انتخاب نامزد افزایش می‌یابد فاصله‌ی مراکز نیز افزایش پیدا می‌کند که نتیجه‌ی آن شیب صعودی تأخیر است. با توجه به شکل ۱۵ که نمودار تأخیر برحسب تعداد بسته در نرخ گزارش ^{۱۲} ۳۰ و ۱۵ رسم شده است می‌توان مشاهده نمود هنگامی که نرخ گزارش را ثابت در نظر می‌گیریم بازه SI ثابت مانده و با افزایش تعداد بسته، تأخیر با یک شیب نزولی کاهش می‌یابد؛ زیرا بازه انتخاب نامزد به پارامتر NI بستگی داشته و NI نیز به نرخ گزارش وابسته است. در نتیجه با ثابت ماندن نرخ گزارش، SI نیز ثابت می‌ماند. پس با افزایش تعداد بسته فاصله بین درخواست شناور و دریافت پیام کاهش می‌یابد در نتیجه تأخیر نیز کاهش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌شود نمودار مربوط به نرخ گزارش دهی ۱۵ است بالاتر از نمودار مربوط به نرخ گزارش دهی ۳۰ قرار دارد. علت این مسئله مربوط به تعداد شکاف‌هایی است که در فاصله انتخاب نامزدها اتفاق می‌افتد. هنگامی که نرخ گزارش دهی ۳۰ باشد فاصله انتخاب ۱۵ و هنگامی که نرخ گزارش دهی ۱۵ باشد فاصله انتخاب ۳۰ می‌شود. به علت فاصله انتخاب بزرگ‌تر در نرخ گزارش دهی ۱۵، تأخیر نیز نسبت به نرخ گزارش دهی ۳۰، بیشتر است.

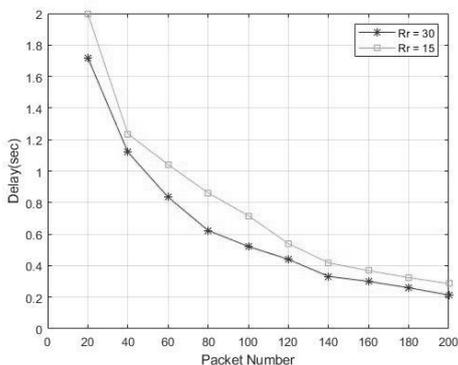


ارسالی در بازه انتخاب نامزدها انتخاب می‌شود این شکاف‌ها فاصله تقریباً یکسانی دارند. در نتیجه تأخیر نیز ثابت می‌ماند.

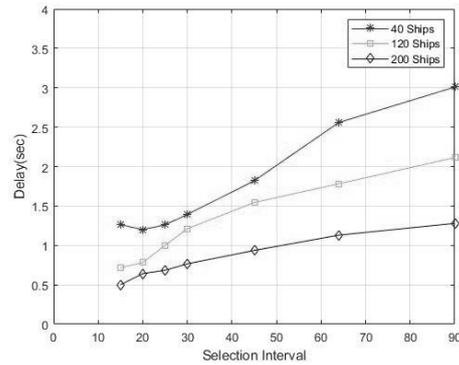


شکل ۱۶. مقایسه نمودارهای تأخیر برحسب فاصله انتخاب در یک قاب برای معادلات ۸ و ۹

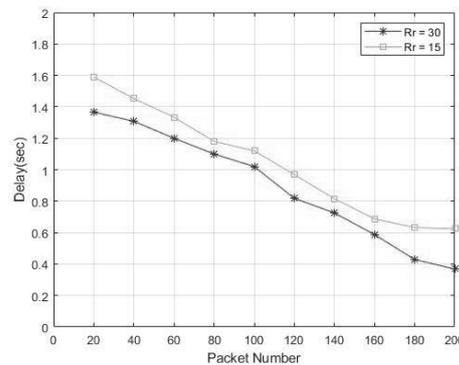
مطابق شکل ۱۷ می‌توان نتیجه گرفت که افزایش پارامتر N (تعداد شناورها) باعث افزایش کمی تأخیر در حدود ۰.۴ ثانیه می‌شود. این امر به این دلیل است که با افزایش پارامتر Y ، کل کسر در رابطه ۹ کوچک می‌شود. این امر باعث می‌شود که احتمال برخورد پیام‌های ارسالی کاهش یابد. در نتیجه، شناورها مجبور نیستند مدت زمان زیادی منتظر بمانند تا بتوانند شکاف ارسالی بدون برخورد را رزرو کنند که این امر، مزیت الگوریتم پیشنهادی دوم را نشان می‌دهد



شکل ۱۷. نمودار تأخیر برحسب تعداد بسته در یک قاب برای دو نرخ گزارش دهی ۳۰ و ۱۵ بعد از اثر دادن معادله ۹



شکل ۱۴. نمودار تأخیر برحسب فاصله انتخاب در یک قاب بعد از اثر دادن معادله ۸



شکل ۱۵. نمودار تأخیر برحسب تعداد بسته در یک قاب بعد از اثر دادن معادله ۸

در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ نتایج شبیه‌سازی مربوط به روش پیشنهادی دوم ارائه شده است. با توجه به شکل ۱۶ برای رابطه ۹ می‌توان مشاهده نمود که تأخیر با افزایش فاصله انتخاب برای ۴۰ و ۱۲۰ شناور به صورت ثابت بوده اما برای ۲۰۰ شناور تا مقدار SI حدود ۴۵ تأخیر ثابت مانده و بعد از آن افزایش می‌یابد؛ زیرا هر چه تعداد شناورها افزایش پیدا کند فاصله بین درخواست شناور تا دریافت پیام افزایش پیدا یافته و سبب افزایش تأخیر در تعداد بالای شناور می‌شود. دلیل ثابت ماندن تأخیر این است که فاصله بین شکاف درخواست پیام و شکاف دریافت پیام تقریباً ثابت می‌ماند. بدین صورت که مراکز شکاف‌ها با فاصله تقریباً یکسانی انتخاب شده و هنگامی که شکاف



۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله، الگوریتم‌های TDMA و ITDMA، SOTDMA و RATDMA، در سامانه AIS مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مقاله با مقایسه این الگوریتم‌ها به یکدیگر، عملکرد و مشکلات آن‌ها را مورد بررسی قرار داده است. یکی از الگوریتم‌های مورد بحث، الگوریتم SOTDMA است که خودکار و خودسازمانده است و شامل مراحل انتخاب شکاف و ارسال پیام توسط شناورهاست. در مقاله، دو سناریو مختلف مورد بررسی قرار گرفته است: سناریوی با رخداد برخورد و سناریوی بدون رخداد برخورد. در هر دو سناریو، احتمال برخورد پیام در سامانه AIS محاسبه شده است و نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نرخ گزارش موقعیت، احتمال برخورد نیز افزایش می‌یابد. معیارهای ارزیابی عملکرد سامانه AIS شامل نرخ تحویل بسته و تأخیر هستند. نرخ خطای بسته در حدود ۲۰ درصد به دست آمد که یعنی از هر ۵ بسته ارسالی یک بسته با موفقیت دریافت نمی‌شود. نتایج نشان می‌دهند که سامانه AIS با تأخیر حدود ۱۹ ثانیه مواجه است. برای کاهش تأخیر، دو روش پیشنهاد شده است. در روش اول، با کاهش تأخیر، اما با افزایش فاصله، تأخیر نیز افزایش می‌یابد. در روش دوم، با پیاده‌سازی یک راهکار، تأخیر در مقابل افزایش فاصله در حدود ۲ ثانیه ثابت نگه داشته می‌شود.

۷. مأخذ

- [1] "Automatic identification system." [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_identification_system.
- [2] O. Sang-heon, K. Seung-pum, H. Dong-hwan, P. Chan-sik, and L. Sang-jeong, "Channel access algorithm design for

automatic identification system," Wuhan Univ. J. Nat. Sci., vol. 8, no. 2, pp. 712–718, Jun. 2003.

- [3] E. Alejano, L.R. and Alonso, "Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band (Recommendation ITU-R M.1371-4)," International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, vol. 42, no. 4, pp. 481–507, 2005.
- [4] "M.1371 : Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band." [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.1371>.
- [5] J. H. Lim, "Understanding STDMA via computer simulation: feasibility to vehicular safety applications, configurations, and time synchronization errors," Eurasip J. Wirel. Commun. Netw., vol. 2016, no. 1, pp. 1–14, Aug. 2016.
- [6] C. Yun and Y. Lim, "ASO-TDMA: ad-hoc self-organizing TDMA protocol for shipborne ad-hoc networks," EURASIP J. Wirel. Commun. Netw., vol. 2012, no. 1, pp. 79–86, 2012, doi: 10.1186/1687-1499-2012-320.
- [7] V. D. Khairnar and S. N. Pradhan, "Simulation Based Evaluation of Highway Road Scenario between DSRC/802.11p MAC Protocol and STDMA for Vehicle-to-Vehicle Communication," J. Transp. Technol., vol. 03, no. 01, pp. 88–104, 2013.
- [8] T. Gaugel, J. Mittag, H. Hartenstein, S. Papanastasiou, and E. G. Strom, "In-depth analysis and evaluation of Self-organizing TDMA," in IEEE Vehicular Networking Conference, VNC, 2013, pp. 79–86.
- [9] R. Prévost, M. Coulon, D. Bonacci, J. LeMaitre, J. P. Millerioux, and J. Y. Tourneret, "Extended constrained viterbi algorithm for AIS signals received by satellite," in Proceedings - 2012 IEEE 1st AESS European Conference on Satellite Telecommunications, ESTEL 2012, 2012.
- [10] Guang Yang, Jinglun Zhou, and Pengcheng Luo, "Slot collision probability analysis of STDMA VHF data link," in 2008 International Conference on Information and Automation, 2008, pp. 1723–1727.
- [11] Y. F. Jiang, H. M. Gao, and B. H. Zhu, "A distributed MAC protocol based on reservation for ad hoc networks," in CSAE 2012 - Proceedings, 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering, 2012, vol. 2, pp. 189–193.



۸. پی‌نوشت

1. International Maritime Organization
2. Automatic Identification System
3. Very High Frequency
4. Global Navigation Satellite System
5. Collision
6. Time Division Multiple Access
7. Random Time Division Multiple Access
8. Incremental Time Division Multiple Access
9. Self- Organized Time Division Multiple Access
10. Nominal Slot
11. Nominal Increment
12. Nominal Start Slot
13. Nominal Slot
14. Nominal Transmit Slot
15. Offset
16. listen-while-talk
17. Report Rate

- [12] A. Alonso, D. Smely, and C. F. Mecklenbrauker, "Throughput of self-organizing time division multiple access MAC layer for vehicular networks based on measured SNR time-series," IEEE Veh. Technol. Conf., 2011.
- [13] Z. Fernandez, I. Val, M. Mendicute, and E. Uhlemann, "Analysis and Evaluation of Self-Organizing TDMA for Industrial Applications," IEEE Int. Work. Fact. Commun. Syst. - Proceedings, WFCS, vol. 2019-May, May 2019.
- [14] S. Rong and M. Wang, "Multiple access protocol for ad-hoc networks in vhf data exchange system," in 2018 IEEE 4th International Conference on Computer and Communications, ICC 2018, Dec. 2018, pp. 629–633. doi: 10.1109/CompComm.2018.8781008.
- [15] S. Singh, H. G. Rezaii, J. F. Bousquet, and J. Craig, "Channel Access Model to Predict Impact of Authentication Attack on AIS," Jan. 2019. doi: 10.1109/OCEANS.2018.8604561.
- [16] Q. Hu, J. Cao, G. Gao, L. Xu, and M. Song, "Study of an evaluation model for AIS receiver sensitivity measurements," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 69, no. 4, pp. 1118–1126, Apr. 2020, doi: 10.1109/TIM.2019.2910341.
- [17] M. Moltaji, H. Heidar, and H. K. Bizaki, "AIS link budget design and probability of detection analysis in multi user system," Aug. 2020. doi: 10.1109/ICEE50131.2020.9260676.
- [18] G. Alvarez, M. Dagatti, M. Olmedo, N. Poveda, and J. A. Fraire, "Satellite-Based AIS Trade-Off Analysis in the Context of the PANSAT CubeSat Mission," Proc. - 8th IEEE Int. Conf. Sp. Mission Challenges Inf. Technol. SMC-IT 2021, pp. 77–84, 2021, doi: 10.1109/SMC-IT51442.2021.00017.
- [19] A. Krishna, A. Nimbale, A. Makam, and V. Sambasiva Rao, "Implementation of fast independent component analysis on field-programmable gate array for resolving the slot collision issue in the space-based automatic identification system," Int. J. Satell. Commun. Netw., vol. 38, no. 6, pp. 480–498, Nov. 2020, doi: 10.1002/SAT.1362.
- [20] X. Chen and Q. Chen, Comparison of different decontaminant delivery methods for sterilizing unoccupied commercial airliner cabins, Building and Environment, Vol. 45, No. 9, pp. 2027-2034, 2010.

