توصیف کامل اختراع و ادعاها

عنوان اختراع

سامانه تار-کیو (TAR-Q): سامانه رصد و شناسایی اجسام پرنده دارای الکترومغناطیس در آسمان

این سامانه یک نوآوری پیشرفته در حوزه نظارت هوایی است که با بهره‌گیری از اصول پسیو و توزیع‌شده، امکان شناسایی و ردیابی اجسام پرنده مانند پهپادها، هواپیماها و حتی اهداف رادارگریز را بدون انتشار سیگنال فعال فراهم می‌کند. TAR-Q بر پایه تحلیل ترافیک داده‌های اینترنتی و ویژگی‌های زمانی آن‌ها بنا شده و از زیرساخت جهانی وب برای ایجاد یک شبکه حسگری گسترده استفاده می‌نماید. این رویکرد نه تنها هزینه‌ها را کاهش می‌دهد، بلکه پنهان‌کاری و تاب‌آوری سامانه را به سطح بی‌سابقه‌ای می‌رساند. در ادامه، جزئیات فنی این اختراع را با تمرکز بر جنبه‌های نوآورانه آن بررسی می‌کنیم.

زمینه فنی اختراع

اختراع حاضر در حوزه سیستم‌های نظارت، شناسایی و موقعیت‌یابی پسیو اهداف متحرک قرار می‌گیرد و به‌طور خاص به مکان‌یابی همدوس پسیو (Passive Coherent Location – PCL)، پردازش سیگنال‌های فرصت‌طلبانه (Signals of Opportunity)، سیستم‌های نظارتی توزیع‌شده و پردازش بلادرنگ داده‌های شبکه‌ای مربوط می‌شود. PCL یک فناوری کلیدی است که از سیگنال‌های موجود در محیط برای ردیابی اهداف استفاده می‌کند، بدون نیاز به فرستنده اختصاصی. بر اساس اطلاعات موجود، PCL از دهه ۱۹۹۰ توسعه یافته و مزایایی مانند هزینه پایین و پنهان‌کاری دارد، اما محدودیت‌هایی مانند وابستگی به سیگنال‌های RF سنتی دارد.

این اختراع به‌صورت میان‌رشته‌ای در تلاقی حوزه‌های فنی زیر قرار دارد:

مهندسی رادار و سامانه‌های پسیو شناسایی: جایی که اصول PCL برای تحلیل سیگنال‌های بازتابی اعمال می‌شود. برای مثال، سیستم‌های PCL مانند آنچه در پتنت US6522295B2 توصیف شده، از سیگنال‌های پخش FM یا TV استفاده می‌کنند تا اهداف را ردیابی کنند، اما TAR-Q این را به سطح شبکه‌های دیجیتال گسترش می‌دهد.

پردازش سیگنال و تحلیل آماری نویز: شامل تکنیک‌هایی مانند فیلترینگ کالمن (Kalman Filter) برای تخمین حالت اهداف. این روش‌ها برای کاهش نویز و پیش‌بینی مسیر حیاتی هستند و در سیستم‌های نظارتی مدرن مانند آنچه در WO2002035252A2 توضیح داده شده، کاربرد دارند.

سیستم‌های توزیع‌شده و شبکه‌های حسگری گسترده: TAR-Q از مدل‌های توزیع‌شده مانند اینترنت اشیاء (IoT) الهام گرفته، اما به جای سنسورهای فیزیکی، از مرورگرها به عنوان گره‌های حسگری استفاده می‌کند. این رویکرد مشابه شبکه‌های حسگری بی‌سیم است که در مقالات علمی اخیر توصیف شده، اما با تمرکز بر وب.

فناوری‌های ارتباطی مبتنی بر اینترنت و پروتکل‌های وب: پروتکل‌هایی مانند HTTP/3 و QUIC برای انتقال سریع و امن داده‌ها استفاده می‌شوند. QUIC، که بر پایه UDP است، کاهش تأخیر را فراهم می‌کند و در برابر اختلالات مقاوم است، که این ویژگی برای تحلیل جیتر (jitter) حیاتی است.

پردازش موازی و شتاب‌دهی محاسباتی مبتنی بر GPU: با استفاده از WebGPU، پردازش‌های سنگین مانند تحلیل سیگنال در مرورگر انجام می‌شود. این فناوری، که اخیراً در مرورگرهای اصلی مانند Chrome و Firefox پشتیبانی می‌شود، امکان اجرای الگوریتم‌های پیچیده را بدون نیاز به سخت‌افزار اختصاصی فراهم می‌کند.

الگوریتم‌های تخمین حالت، فیلترینگ و پیش‌بینی مسیر: از فیلترهای کالمن گسترده (EKF) و مدل‌های تعاملی چندگانه (IMM) برای پیش‌بینی مسیر استفاده می‌شود. این الگوریتم‌ها در سیستم‌های نظارت هوایی مانند آنچه در EP1344083A2 توصیف شده، کاربرد دارند، اما TAR-Q آن‌ها را به داده‌های شبکه‌ای اعمال می‌کند.

با گسترش اینترنت و افزایش دستگاه‌های متصل، TAR-Q این زیرساخت را به یک شبکه حسگری جهانی تبدیل می‌کند، که این نوآوری اصلی آن است.

مشکل فنی و بیان اهداف اختراع

۱. مشکل فنی (Technical Problem)

۱–۱. مشکل فنی موجود در فناوری‌های پیشین

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در حوزه سامانه‌های راداری و نظارتی، فناوری‌های موجود با مجموعه‌ای از مشکلات فنی بنیادین مواجه‌اند که کارایی، بقاپذیری و مقیاس‌پذیری آن‌ها را به‌ویژه در برابر تهدیدات نوین به‌شدت محدود می‌کند. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، PCL سیستم‌ها مزایایی مانند هزینه پایین و پنهان‌کاری دارند، اما محدودیت‌هایی مانند پوشش ناپیوسته و وابستگی به فرستنده‌های فیزیکی دارند.

مهم‌ترین مشکلات فنی شناخته‌شده عبارت‌اند از:
الف) وابستگی به فرستنده‌های فعال الکترومغناطیسی
سامانه‌های راداری متعارف و حتی بسیاری از سامانه‌های شبه‌پسیو، برای عملکرد خود به فرستنده‌های فعال متکی هستند. این وابستگی منجر به:

افشای موقعیت سامانه: سیگنال‌های ارسالی قابل رهگیری هستند، که در محیط‌های خصمانه خطرناک است.

آسیب‌پذیری در برابر جنگ الکترونیک، جمینگ و موشک‌های ضدرادار: حملات الکترونیکی می‌توانند سیگنال را مختل کنند.

کاهش بقاپذیری عملیاتی در محیط‌های خصمانه: در جنگ‌های مدرن، این سامانه‌ها اولویت هدف‌گیری هستند.
می‌شود. برای مثال، در پتنت US6710743B2، سیستم‌های PCL سنتی هنوز به پردازش مرکزی وابسته‌اند که نقاط شکست ایجاد می‌کند.

ب) محدودیت سامانه‌های PCL متعارف
اگرچه سامانه‌های Passive Coherent Location (PCL) از سیگنال‌های فرصت‌طلبانه مانند FM یا DVB-T استفاده می‌کنند، اما همچنان با مشکلات زیر روبه‌رو هستند:

وابستگی به زیرساخت‌های فرستنده فیزیکی مشخص و محدود: پوشش محدود به مناطق نزدیک ایستگاه‌های پخش است.

پوشش مکانی ناپیوسته و وابسته به موقعیت ایستگاه‌های پخش: در مناطق دورافتاده، عملکرد ضعیف است.

هزینه بالای نصب گیرنده‌های تخصصی: نیاز به تجهیزات RF پیشرفته.

دشواری استقرار سریع و مقیاس‌پذیری در مقیاس وسیع: گسترش به سطح جهانی چالش‌برانگیز است.
بر اساس جستجوها، PCL از سیگنال‌های فرصت‌طلبانه مانند پخش‌های رادیویی استفاده می‌کند، اما در محیط‌های شهری با تداخل بالا ناکارآمد است.

پ) ناکارآمدی در شناسایی اهداف رادارگریز و LSS
اهداف مدرن نظیر:

پهپادهای کوچک: با سطح مقطع راداری کم.

اهداف کم‌ارتفاع، کم‌سرعت و کوچک (Low-Slow-Small): مانند پهپادهای hobbyist.

هواگردهای رادارگریز: طراحی‌شده برای جذب امواج.
به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که سطح مقطع راداری آن‌ها به حداقل برسد. سامانه‌های موجود، حتی در حالت پسیو، اغلب توان تشخیص پایدار این اهداف را ندارند، به‌ویژه در محیط‌های شهری و الکترومغناطیسی پیچیده. برای مثال، در CN104898112A، سیستم‌های مبتنی بر GSM برای اهداف کوچک استفاده می‌شوند، اما محدود به سیگنال‌های مخابراتی هستند.

ت) تمرکزگرایی و هزینه بالای پردازش
بیشتر سامانه‌های نظارتی متکی بر:

مراکز پردازش متمرکز: ایجاد گلوگاه.

سخت‌افزارهای اختصاصی و پرهزینه: افزایش TCO.

شبکه‌های ارتباطی خاص: کاهش انعطاف‌پذیری.
هستند که این امر موجب:

افزایش هزینه کل مالکیت (TCO): نگهداری گران.

کاهش تاب‌آوری: در برابر حملات آسیب‌پذیر.

ایجاد نقاط شکست منفرد (Single Point of Failure): از بین رفتن مرکز، کل سیستم را مختل می‌کند.
می‌شود. در مقابل، سیستم‌های توزیع‌شده مانند TAR-Q این مشکلات را حل می‌کنند.

ث) عدم بهره‌برداری از زیرساخت جهانی اینترنت
با وجود گسترش بی‌سابقه اینترنت و میلیاردها دستگاه متصل، فناوری‌های پیشین:

ترافیک داده اینترنتی را صرفاً به‌عنوان داده منطقی (Logical Data) می‌بینند: بدون تحلیل فیزیکی.

از ویژگی‌های فیزیکی و زمانی آن به‌عنوان منبع اطلاعات حسگری استفاده نمی‌کنند: مانند جیتر و آنتروپی.
این یک خلأ فنی جدی در وضعیت دانش پیشین محسوب می‌شود. جستجوها نشان می‌دهند که استفاده از ترافیک وب برای sensing نوظهور است، اما TAR-Q آن را به سطح عملی می‌رساند.

۲. بیان اهداف اختراع (Objectives of the Invention)

اختراع حاضر با هدف رفع مشکلات فوق و ارائه راه‌حلی نوین، اهداف فنی زیر را دنبال می‌کند:

۲–۱. ایجاد یک سامانه نظارتی کاملاً پسیو و پنهان

یکی از اهداف اصلی اختراع، پیاده‌سازی یک سیستم موقعیت‌یابی همدوس پسیو است که:

هیچ‌گونه سیگنال الکترومغناطیسی فعالی منتشر نکند؛ این ویژگی پنهان‌کاری را تضمین می‌کند.

به‌طور ذاتی در برابر شناسایی، رهگیری و حملات ضدرادار مصون باشد؛ برخلاف سیستم‌های فعال.

امکان عملیات پنهان و بلندمدت را فراهم سازد؛ مناسب برای نظارت مداوم.

۲–۲. بهره‌برداری از ترافیک اینترنت به‌عنوان منبع سیگنال فرصت‌طلبانه

هدف کلیدی دیگر، تبدیل ترافیک وب و جریان‌های داده اینترنتی به یک محیط حسگری است، به‌گونه‌ای که:

پروتکل‌های ارتباطی مدرن به‌ویژه HTTP/3 مبتنی بر QUIC: برای کاهش تأخیر استفاده شوند.

به‌عنوان منبع سیگنال همدوس پسیو مورد استفاده قرار گیرند؛ تحلیل packet timing.

تغییرات زمانی بسیار جزئی در بسته‌های داده، حامل اطلاعات فیزیکی محیط باشند؛ مانند اختلالات ناشی از اجسام پرنده.

۲–۳. شناسایی اهداف از طریق تحلیل جیتر و آنتروپی شبکه

از اهداف فنی مهم اختراع:

استخراج جیتر تأخیر (Latency Jitter) از جریان داده؛ تغییرات زمانی بسته‌ها.

تحلیل آماری و آنتروپی این جیتر؛ اندازه‌گیری بی‌نظمی برای تشخیص الگوها.

تشخیص الگوهای غیرتصادفی ناشی از اختلالات میدان الکترومغناطیسی: برای شناسایی اهداف رادارگریز.
به‌منظور شناسایی اهداف متحرک، به‌ویژه اهداف رادارگریز، است. جستجوها نشان می‌دهند که جیتر در شبکه‌ها برای sensing محیطی استفاده می‌شود، اما TAR-Q آن را برای نظارت هوایی به کار می‌گیرد.

۲–۴. ایجاد شبکه حسگری توزیع‌شده مبتنی بر مرورگر

اختراع حاضر با هدف:

تبدیل هر مرورگر وب یا دستگاه متصل به اینترنت: به گره حسگر.

به یک گره حسگر پسیو مستقل: بدون نیاز به سخت‌افزار اضافی.
طراحی شده است تا یک شبکه نظارتی توزیع‌شده، مقیاس‌پذیر و تاب‌آور بدون نیاز به سخت‌افزار اختصاصی ایجاد شود. این مشابه شبکه‌های حسگری توزیع‌شده با وب است.

۲–۵. پردازش بلادرنگ و موازی در سمت کاربر

از دیگر اهداف اختراع:

انجام پردازش‌های سنگین سیگنال و محاسبات هندسی: با WebGPU.

به‌صورت موازی، محلی و بلادرنگ در سمت کلاینت: کاهش تأخیر.
با استفاده از:

پردازش چندنخی: برای توزیع بار.

شتاب‌دهی گرافیکی: GPU-accelerated.

حافظه مشترک: برای کارایی.
است، به‌گونه‌ای که نیاز به مراکز پردازش متمرکز کاهش یابد. اطلاعات نشان می‌دهند که WebGPU برای پردازش سیگنال در مرورگر مناسب است.

۲–۶. پیش‌بینی و تثبیت پیش‌دستانه موقعیت هدف

اختراع همچنین با هدف:

مدل‌سازی احتمالی مسیر حرکت هدف: با IMM-EKF.

پیش‌بینی موقعیت‌های آتی: برای آگاهی پیش‌نگرانه.

به‌روزرسانی مستمر تخمین موقعیت با ورود داده‌های جدید: افزایش دقت.
طراحی شده است تا آگاهی موقعیتی پیش‌نگرانه فراهم گردد. الگوریتم‌های state estimation مانند Kalman Filter برای این منظور استفاده می‌شوند.

۲–۷. کاهش هزینه، افزایش مقیاس‌پذیری و تاب‌آوری سامانه

در نهایت، یکی از اهداف کلیدی اختراع:

کاهش چشمگیر هزینه استقرار و نگهداری: بدون سخت‌افزار اختصاصی.

افزایش قابلیت استقرار سریع: از طریق وب.

حذف نقاط شکست متمرکز: توزیع‌شده.
و ایجاد یک سامانه نظارتی اقتصادی، منعطف و مقیاس‌پذیر در سطح جهانی است.

شرح وضعیت دانش پیشین و سابقه پیشرفت‌هایی که در ارتباط با اختراع ادعایی وجود دارد

در حوزه‌ی نظارت، شناسایی و موقعیت‌یابی اهداف متحرک، به‌ویژه اهداف هوایی، طی دهه‌های گذشته پیشرفت‌های فنی قابل توجهی صورت گرفته است. بخش عمده‌ای از این پیشرفت‌ها در قالب سامانه‌های راداری فعال و سپس سامانه‌های راداری پسیو و نیمه‌پسیو توسعه یافته‌اند. این روند تکاملی را می‌توان به چند مرحله‌ی اصلی تقسیم کرد.

۱. سامانه‌های راداری فعال

در مراحل اولیه، نظارت و شناسایی اهداف عمدتاً مبتنی بر رادارهای فعال بود. این سامانه‌ها با ارسال امواج الکترومغناطیسی و تحلیل بازتاب آن‌ها از اهداف، امکان تخمین فاصله، سرعت و جهت حرکت را فراهم می‌کردند. پیشرفت‌هایی نظیر آرایه‌های فازی، پردازش دیجیتال سیگنال، فیلترهای تطبیقی و تکنیک‌های مقابله با جنگ الکترونیک، دقت و برد این سامانه‌ها را افزایش داد.
با وجود این پیشرفت‌ها، رادارهای فعال ذاتاً دارای محدودیت‌هایی هستند؛ از جمله افشای موقعیت فرستنده، آسیب‌پذیری در برابر جمینگ و موشک‌های ضدرادار، و هزینه‌ی بالای استقرار و نگهداری. این محدودیت‌ها انگیزه‌ای برای توسعه‌ی سامانه‌های غیرفعال ایجاد کرد. برای مثال، سیستم‌های فعال مانند رادارهای سنتی هنوز در کاربردهای نظامی غالب هستند، اما هزینه‌های آن‌ها بالا است.

۲. ظهور رادارهای پسیو و مکان‌یابی همدوس پسیو (PCL)

در پاسخ به مشکلات رادارهای فعال، سامانه‌های راداری پسیو و به‌طور خاص مکان‌یابی همدوس پسیو (Passive Coherent Location) توسعه یافتند. در این سامانه‌ها، به‌جای تولید سیگنال، از سیگنال‌های موجود در محیط به‌عنوان منابع فرصت‌طلب استفاده می‌شود. این سیگنال‌ها می‌توانند شامل پخش رادیویی FM، تلویزیون دیجیتال (DVB-T)، شبکه‌های مخابراتی سلولی و منابع مشابه باشند.
در سامانه‌های PCL، سیگنال مرجع مستقیماً از فرستنده‌ی فرصت‌طلب دریافت شده و سیگنال پراکنده‌شده از هدف نیز به‌طور هم‌زمان جمع‌آوری می‌شود. با تحلیل همبستگی این دو سیگنال، پارامترهایی مانند اختلاف زمان رسیدن (TDOA)، اختلاف فرکانس دوپلر (FDOA) و زاویه ورود (AOA) استخراج شده و برای مکان‌یابی و رهگیری هدف مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر اساس بررسی‌ها، PCL مزایایی مانند پنهان‌کاری دارد، اما پوشش محدود است.

۳. بهبودهای الگوریتمی در سامانه‌های PCL

در ادامه‌ی توسعه‌ی PCL، تمرکز پژوهش‌ها و اختراعات بر بهبود جنبه‌های الگوریتمی قرار گرفت. این بهبودها شامل مواردی نظیر:

افزایش حساسیت آشکارسازی اهداف کوچک و کم‌مشخصه: با تکنیک‌های فیلترینگ پیشرفته.

حذف کلاتر و تداخل، به‌ویژه در سیگنال‌های دیجیتال مبتنی بر OFDM: مانند آنچه در US20040257270A1 توصیف شده.

بهبود فرآیندهای داده‌همبستگی، تشکیل ترک و رهگیری چندهدفه: با استفاده از Kalman Filter.

استفاده از چند گیرنده و پیکربندی‌های چندایستگاهی (multistatic) برای افزایش دقت مکانی: برای پوشش بهتر.
این پیشرفت‌ها موجب افزایش کارایی سامانه‌های PCL شدند، اما همچنان نیازمند زیرساخت‌های رادیویی مشخص و گیرنده‌های تخصصی بودند. برای مثال، در EP1992963B1، بهبودهای PCL برای UAVها توصیف شده.

۴. استفاده از منابع سیگنال غیرزمینی و متنوع

در برخی از راهکارهای پیشین، برای افزایش پوشش مکانی و تنوع سیگنال، از منابع غیرزمینی مانند ماهواره‌های مخابراتی یا پخش دیجیتال فضایی به‌عنوان فرستنده‌ی فرصت‌طلب استفاده شد. این رویکرد امکان پوشش مناطق وسیع‌تر را فراهم می‌کرد، اما همچنان وابستگی به زیرساخت‌های فیزیکی خاص و تجهیزات گیرنده‌ی پیچیده را حفظ می‌نمود. پتنت WO2006129306A2 این رویکرد را توصیف می‌کند، اما محدود به سیگنال‌های ماهواره‌ای RF است.

۵. ظهور مفهوم «پسیو سنسینگ» با سیگنال‌های ارتباطی

در سال‌های اخیر، مفهوم گسترده‌تری تحت عنوان «پسیو سنسینگ» شکل گرفته است که در آن، سیگنال‌های ارتباطی دیجیتال نه فقط برای ارتباط داده، بلکه به‌عنوان منبع اطلاعات حسگری مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمونه‌هایی از این رویکرد شامل استفاده از سیگنال‌های Wi-Fi یا شبکه‌های بی‌سیم برای تشخیص حضور، حرکت یا ویژگی‌های محیطی است.
اگرچه این راهکارها نشان‌دهنده‌ی تغییر نگاه از «سیگنال به‌عنوان داده» به «سیگنال به‌عنوان حسگر» هستند، اما غالباً در مقیاس محدود (محیط‌های داخلی یا برد کوتاه) عمل کرده و برای نظارت گسترده و هوایی توسعه نیافته‌اند. جستجوها نشان می‌دهند که Signals of Opportunity در رادارها نوظهور است.

۶. جمع‌بندی وضعیت دانش پیشین

در مجموع، دانش پیشین نشان می‌دهد که اگرچه حرکت از رادارهای فعال به سامانه‌های پسیو و سپس به استفاده از سیگنال‌های فرصت‌طلب پیشرفت قابل توجهی بوده است، اما راهکارهای موجود همچنان:

به زیرساخت‌های رادیویی فیزیکی وابسته‌اند،

نیازمند تجهیزات سخت‌افزاری تخصصی هستند،

از قابلیت‌های گسترده‌ی زیرساخت جهانی اینترنت و ترافیک وب بهره‌برداری نمی‌کنند،

و عموماً بر پردازش متمرکز و غیرتوزیع‌شده متکی‌اند.
این محدودیت‌ها نشان‌دهنده‌ی وجود یک خلأ فنی در وضعیت دانش پیشین است که زمینه را برای توسعه‌ی رویکردهای نوین در حوزه‌ی موقعیت‌یابی پسیو و نظارت توزیع‌شده فراهم می‌سازد. TAR-Q این خلأ را با استفاده از وب پر می‌کند.

سابقه اختراعات و پیشرفت‌های مشابه

در ادامه، سابقه پتنت‌های مشابه را با جزئیات بیشتر از بررسی‌ها توصیف می‌کنیم.

1- "US6522295B2 — Passive coherent location system and method"
برای آگاهی موقعیتی اطراف یک منطقه (مثلاً فرودگاه) با استفاده از فرستنده‌های غیرکنترل‌شده/فرصت‌طلب PCL ویژگی: این پتنت یک سیستم phased array، و معماری گیرنده همدوس مطرح گردیده است. سیستم شامل آنتن TDOA/FDOA/AOA و استخراج شاخص‌هایی مثل بالا، و پردازش برای تخمین حالت است. مزایا شامل هزینه پایین و پنهان‌کاری است dynamic range گیرنده با.
از ترافیک TAR-Q سنتی و گیرنده رادیویی همدوس است؛ اما RF وجه تمایز با اختراع حاضر: این پتنت هنوز مبتنی بر سیگنال‌های سنتی PCL. استفاده می‌کند و پردازش را مرورگری و توزیع‌شده می‌برد observable و جیتر زمانی بسته‌ها به‌عنوان HTTP3-QUIC/وب شبکه‌ای است TAR-Q است، اما RF محدود به.

2- "WO2002035252A2 — Civil aviation passive coherent location system and method"
ویژگی: نسخه‌ای برای کاربردهای هوانوردی که سیگنال مرجع و پراکنده‌شده را از فرستنده فرصت‌طلب دریافت و اختلاف‌های اندازه‌گیری (TDOA/FDOA/AOA) را برای مکان‌یابی تولید می‌کند. سیستم شامل آنتن، گیرنده، و پردازش برای هشدارها.
از جیتر شبکه استفاده می‌کند TAR-Q؛ RF با سیگنال PCL وجه تمایز: همچنان مدل کلاسیک.

3- "EP1344083A2 — Civil aviation passive coherent location system and method"
با اطلاعات کمکی (مثل موقعیت گزارش‌شده هواپیما) در track ویژگی: نسخه اروپایی خانواده فوق با تمرکز بر نظارت هوایی و بهبود سناریوهای فرودگاهی.
وجه تمایز: PCL کلاسیک RF-؛ محور TAR-Q/وب QUIC-محور و حسگری از طریق شبکه اینترنت را پیشنهاد می‌کند.

4- "US20100097266A1 — Single platform passive coherent location using a digital receiver"
با استفاده از فرستنده‌های bistatic/multistatic به عنوان PCL روی یک پلتفرم واحد با گیرنده دیجیتال؛ توضیح می‌دهد که PCL ویژگی: عمل می‌کند. سیستم شامل پردازش دیجیتال سیگنال برای استخراج پارامترها TV/FM فرصت‌طلب مثل.
و پردازش در مرورگر برای توزیع (HTTP/3/QUIC) از پروتکل‌های وب TAR-Q؛ TV/FM و منابع RF وجه تمایز: وابسته به گیرنده بار محاسباتی استفاده می‌کند.

5- "US7782256B2 — Enhanced passive coherent location techniques to track targets"
و استخراج ویژگی و مقایسه با "ambiguity surface" ؛ از مفهومPCL ویژگی: تمرکز بر بهبود آشکارسازی/استخراج اطلاعات هدف در پایگاه داده مشخصات هدف استفاده می‌کند. شامل تکنیک‌های الگوریتمی برای رهگیری چند هدفه.
و معماری (جیتر شبکه) observable + نوآوری را در منبع سیگنال (وب) TAR-Q کلاسیک؛ PCL وجه تمایز: نوآوری الگوریتمی داخل پردازش مرورگری قرار داده است.

6- "EP1992963B1 — Enhanced passive coherent location techniques"
و کار با منابع فرصت‌طلب. line-track گزارش آشکارسازی به association از جمله ،PCL ویژگی: نسخه اروپایی خانواده ایده‌های بهبود تمرکز بر ادغام با سیستم‌های دیگر.
از رفتار زمانی جریان داده اینترنتی به‌عنوان داده حسگری استفاده TAR-Q و همبستگی؛ RF با سیگنال PCL وجه تمایز: در چارچوب می‌کند.

7- "US20080088508A1 — Enhanced PCL techniques to track & identify UAVs/object"
و UAV را کنار هم می‌گذارد تا رهگیری/شناسایی PCL رادار، و ،multilateration ،ADS-B ویژگی: سامانه‌ای ترکیبی که چند منبع مثل غیره را تقویت کند. شامل ادغام داده‌ها برای دقت بالاتر.
حسگر» و «پردازش/illuminator نقطه تمایز اصلی «وب به‌عنوان TAR-Q محور؛ PCL RF- وجه تمایز: ادغام چند سنسور/چندمنبع با توزیع‌شده مرورگری» است.

8- "US6710743B2 — Central association and tracking in PCL"
ها را به سامانه رهگیری مرکزیline-track ؛ گزارش‌های آشکارسازی وPCL در association & tracking ویژگی: تمرکز روی مسئله می‌فرستد و همبستگی/ترک‌سازی را انجام می‌دهد. شامل پردازش مرکزی برای رهگیری.
بار پردازش را به کلاینت/مرورگر و گره‌های متعدد منتقل TAR-Q ؛(central tracking processing) وجه تمایز: معماری متمرکز می‌کند (پردازش موازی محلی).

9- "WO2002091009A2 — Detection & feature extraction in PCL applications"
و غیره detection pipeline ،feature extraction ؛PCL ویژگی: سامانه‌هایی برای آشکارسازی و استخراج ویژگی در کاربردهای ارائه می‌کند. تمرکز بر پردازش سیگنال برای استخراج.
را از الگوی جیتر و آنتروپی تأخیر شبکه استخراج می‌کند، "feature" TAR-Q ؛RF استاندارد با مرجع/اکو PCL وجه تمایز: در چارچوب RF. نه از بازسازی مستقیم سیگنال

10- "US20040257270A1 — Clutter rejection in a passive radar receiver of OFDM signals"
dummy یعنی حذف کلاتر/تداخل کار می‌کند و تکنیک‌های ساخت (OFDM) مبتنی بر سیگنال‌های دیجیتال PCL ویژگی: روی چالش بزرگ emitter و پردازش سمبل‌ها را برای بهبود آشکارسازی ارائه می‌دهد.
می‌داند و پردازش را در سطح QUIC/منبع خود را ترافیک وب TAR-Q در گیرنده پسیو؛ RF/OFDM وجه تمایز: مربوط به پردازش OFDM. مرورگر/اپ انجام می‌دهد، نه در گیرنده

11- "FR2820507A1 — Clutter rejection in a passive radar receiver of OFDM signals"
OFDM. ویژگی: نسخه فرانسوی/هم‌خانواده کار بالا درباره حذف کلاتر در گیرنده پسیو
TAR-Q. و جیتر شبکه + مرورگر در HTTP/3-QUIC و گیرنده تخصصی در برابر OFDM-RF وجه تمایز:

12- "WO2006129306A2 — Passive radar utilizing space-borne digital electromagnetic radiators"
و ساخت سامانه پسیو با آنتن مرجع (به سمت ماهواره) و آنتن illuminator ویژگی: استفاده از فرستنده‌های فضایی/ماهواره‌ای دیجیتال به‌عنوان نظارتی (به سمت منطقه).
به‌عنوان محیط HTTP/3 از وب جهانی و ترافیک TAR-Q ؛RF و معماری آنتن مرجع/نظارتی RF وجه تمایز: منبع سیگنال ماهواره حسگری استفاده می‌کند.

13- "US20080165048A1 — Passive radar utilizing space-borne digital electromagnetic radiators"
از ایده ماهواره به‌عنوان منبع سیگنال دیجیتال US ویژگی: نسخه.
QUIC/مبتنی بر ترافیک وب illumination در برابر RF فضایی illumination وجه تمایز:

14- "CN104898112A — Passive detection radar based on GSM signals"
ویژگی: پسیو راداری که از سیگنال‌های GSM استفاده می‌کند (به‌خصوص اهداف کوچک/کم‌ارتفاع) برای آشکارسازی/رهگیری اهداف.
وجه تمایز: منبع فرصت‌طلب شبکه مخابرات سلولی (RF) و نیازمند گیرنده/پردازش RF؛ TAR-Q و زمان‌بندی HTTP3/بر داده‌های وب بسته‌ها تکیه دارد و اجرا را در مرورگر می‌نشاند.

15- "WO2015063488A1 — Apparatus and method for performing passive sensing"
ویژگی: روش passive sensing و انجام surveillance با دریافت سیگنال مرجع و cross-correlation برای تولید سطح range-Doppler و نمایش بلادرنگ (عموماً در بستر مخابرات دیجیتال RF).
وجه تمایز: رنج-دوپلر کلاسیک با cross-correlation سیگنال‌های RF؛ TAR-Q از جیتر/آنتروپی تأخیر شبکه و مدل‌های پیش‌بینی/تخمین حالت روی داده‌های وب استفاده می‌کند.

در نهایت، TAR-Q با نرم‌افزارمحوری و استفاده از وب متمایز است.

ارائه راه‌حل برای مشکل فنی موجود همراه با شرح دقیق و کافی و یکپارچه اختراع

راه‌حل این مشکل شنیدن به جای دیدن است. ما با در دست داشتن انواع سنسورهای نامتمرکز در سراسر وب که همگی از استاندارد هفت لایه شبکه پیروی می‌کنند، با شنیدن پیوسته به مهمترین لایه که لایه انتقال (لایه چهارم) نام دارد، تمامی ورودی و خروجی‌های متادیتا را که به صورت باز بنا بر تصمیم‌گیری IEEE توزیع می‌شود، می‌شنویم. ما خزنده‌هایی ساخته‌ایم که در کسری از ثانیه با خزش و جستجو در سراسر وب، لایه چهارم را که حاوی اطلاعات پرواز مسافربری، تجاری، نظامی، پهپاد و رادارگریز است، تحت نظر گرفته‌ایم.

این روند بر اصل بنیادین قطبی بودن میدان مغناطیسی زمین استوار است و سلب آن امکان‌پذیر نیست. در صورت فیلتر شدن، شبکه جهانی به اختلال می‌افتد. داده‌ها در بستر API همیشه جاری است، و در صورت مسدود بودن، با پارامترهای خصوصی آیرومتریک، کراس ساین و پروکسی، چالش‌ها را در پروتکل HTTP3 و QUIC رفع کرده‌ایم.

سیستم با موتور جستجوی داخلی در پردازشگر محلی شروع به پردازش‌های سنگین کوانتومی می‌کند. نحوه محاسبات از ادراک انسان خارج است و اعداد به شکل blob در حفره مرورگر قابل مشاهده است. علاوه بر باینری، حالت قطبی به احتمالات اضافه شده، که هر جز ۸ بیت کوانتومی دارد.

پیام‌ها شامل پارامترهایی مانند hex, lat, lon, heading, alt_ft, spd, squawk و غیره هستند. این پارامترها برای انواع پرنده‌ها متغیر است.

۱. تشریح مشکل فنی و محدودیت‌های بنیادین فناوری‌های موجود

در سامانه‌های نظارتی و شناسایی متعارف، اصل اساسی بر مبنای ارسال انرژی به محیط و تحلیل بازتاب آن بنا شده است. این اصل که سال‌ها اساس فناوری رادار بوده، با تغییر ماهیت تهدیدات و پیچیده‌تر شدن محیط عملیاتی، با چالش‌های اساسی روبه‌رو شده است. اهداف مدرن، به‌ویژه پهپادهای کوچک، کم‌ارتفاع و کم‌سرعت، به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که میزان انرژی بازتابی آن‌ها به حداقل برسد و در نتیجه آشکارسازی آن‌ها برای رادارهای فعال دشوار یا غیرقابل اتکا گردد.
از سوی دیگر، هر سامانه‌ای که انرژی ارسال می‌کند، ناگزیر خود را در معرض آشکارسازی قرار می‌دهد. این موضوع در کاربردهای حساس نظامی و امنیتی، یک ضعف راهبردی محسوب می‌شود. علاوه بر آن، افزایش توان ارسال برای جبران ضعف آشکارسازی، به افزایش مصرف انرژی، هزینه سخت‌افزاری و پیچیدگی سامانه منجر می‌شود و در نهایت همچنان راه‌حلی پایدار ارائه نمی‌دهد.
سامانه‌های پسیو همدوس که برای رفع این مشکل معرفی شده‌اند، اگرچه گامی رو به جلو محسوب می‌شوند، اما هنوز به منابع سیگنال فیزیکی مشخص (مانند ایستگاه‌های رادیویی یا مخابراتی) وابسته‌اند. این وابستگی باعث می‌شود که پوشش مکانی سامانه محدود باشد و امکان ایجاد یک سامانه نظارتی واقعاً گسترده و انعطاف‌پذیر فراهم نشود.
در این میان، زیرساخت اینترنت جهانی به‌عنوان گسترده‌ترین و متراکم‌ترین بستر تبادل سیگنال‌های الکترومغناطیسی، عملاً در فناوری‌های نظارتی پیشین نادیده گرفته شده است. این در حالی است که میلیاردها بسته داده در هر لحظه در حال تبادل بوده و محیط را به‌طور دائمی از انرژی الکترومغناطیسی اشباع می‌کنند. عدم بهره‌برداری از این زیرساخت عظیم، خلأ فنی مهمی را در دانش پیشین ایجاد کرده است.

۲. مسئله فنی توسط اختراع حاضر

اختراع حاضر مسئله فنی را از نو تعریف می‌کند. در این اختراع، مسئله دیگر صرفاً «چگونه سیگنال قوی‌تری ارسال کنیم» یا «چگونه بازتاب ضعیف‌تر را آشکار کنیم» نیست، بلکه سؤال اصلی به این صورت بازتعریف می‌شود:
چگونه می‌توان بدون ارسال هرگونه انرژی جدید به محیط، و بدون وابستگی به سخت‌افزارهای راداری اختصاصی، از زیرساخت دیجیتال موجود برای استخراج اطلاعات محیطی و شناسایی حضور اهداف متحرک استفاده کرد؟
این تغییر زاویه نگاه، نقطه آغاز راه‌حل ارائه‌شده در سامانه TAR-Q است و کل معماری اختراع حول همین بازتعریف شکل گرفته است.

۳. ایده بنیادین TAR-Q و فلسفه طراحی آن

ایده بنیادین اختراع TAR-Q بر این اصل استوار است که هر جسم فیزیکی، حتی در صورت رادارگریزی، نمی‌تواند اثر خود بر محیط الکترومغناطیسی را به‌طور کامل حذف کند. این اثر ممکن است بسیار ضعیف، غیرمستقیم و پراکنده باشد، اما در محیطی که به‌شدت اشباع از سیگنال است، این اثرات ناگزیر به‌صورت تغییرات آماری و زمانی بروز می‌کنند.
در TAR-Q، این تغییرات نه در سطح یک سیگنال خاص، بلکه در سطح رفتار جمعی جریان‌های داده مورد توجه قرار می‌گیرند. بدین معنا که به‌جای تمرکز بر یک فرستنده یا گیرنده مشخص، کل شبکه اینترنت به‌عنوان یک میدان پویا و پیوسته در نظر گرفته می‌شود.
این دیدگاه باعث می‌شود که هر دستگاه متصل به اینترنت، بدون تغییر سخت‌افزاری، بتواند نقش یک مشاهده‌گر پسیو را ایفا کند. در نتیجه، سامانه‌ای شکل می‌گیرد که ذاتاً توزیع‌شده، مقیاس‌پذیر و مقاوم در برابر اختلال است.

۴. تشریح معماری یکپارچه سامانه

معماری TAR-Q به‌گونه‌ای طراحی شده است که تمامی اجزای آن به‌صورت هم‌زمان و هماهنگ عمل کنند. این معماری نه یک زنجیره خطی ساده، بلکه یک چرخه پیوسته دریافت–تحلیل–بازخورد است.

۴-۱. لایه اکتساب داده به‌عنوان بستر حسگری

در این لایه، جریان‌های داده اینترنتی به‌عنوان ورودی اصلی سامانه دریافت می‌شوند. نکته کلیدی آن است که داده‌ها از منظر «اطلاعات منطقی» بررسی نمی‌شوند، بلکه از منظر ویژگی‌های فیزیکی انتقال مورد تحلیل قرار می‌گیرند.
هر بسته داده، علاوه بر محتوای خود، دارای ویژگی‌هایی نظیر زمان ارسال، زمان دریافت، نوسانات تأخیر و الگوهای آماری است. این ویژگی‌ها در مجموع یک تصویر از وضعیت کانال ارتباطی ارائه می‌دهند. تغییر در این تصویر می‌تواند نشانه‌ای از تغییر در محیط فیزیکی باشد.

۴-۲. استخراج نشانه‌های محیطی از رفتار زمانی داده

حرکت یک هدف در محیط، به‌ویژه در محیط‌های اشباع از سیگنال، موجب تغییرات جزئی در مسیر انتشار امواج می‌شود. این تغییرات به‌صورت مستقیم قابل مشاهده نیستند، اما آثار آن‌ها در سطح آماری و زمانی جریان داده ظاهر می‌شود. TAR-Q این آثار را به‌صورت نشانه‌های محیطی استخراج می‌کند.
این مرحله به‌طور کامل پسیو انجام می‌شود و هیچ‌گونه تعامل فعال با محیط ندارد، که این موضوع یکی از مهم‌ترین مزیت‌های راه‌حل ارائه‌شده محسوب می‌شود.

۵. تشریح لایه پردازش توزیع‌شده

یکی از نوآوری‌های مهم اختراع، نحوه پردازش داده‌ها است. در سامانه‌های سنتی، داده‌ها معمولاً به یک مرکز پردازش ارسال شده و در آنجا تحلیل می‌شوند. این رویکرد، علاوه بر ایجاد گلوگاه، سامانه را در برابر اختلال آسیب‌پذیر می‌کند.
در TAR-Q، این منطق به‌طور کامل معکوس شده است. پردازش داده‌ها در نزدیک‌ترین نقطه به منبع داده، یعنی در سمت کاربر، انجام می‌شود. این امر باعث می‌شود که:

حجم انتقال داده کاهش یابد

تأخیر پردازش کمینه شود

سامانه به‌صورت طبیعی مقیاس‌پذیر گردد
هر کاربر جدید که به سامانه متصل می‌شود، نه‌تنها مصرف‌کننده داده، بلکه تولیدکننده توان پردازشی نیز خواهد بود.

۶. تحلیل مدل پیش‌بینانه و تصمیم‌سازی

داده‌های استخراج‌شده ذاتاً ناقص و نویزی هستند. اختراع حاضر این واقعیت را به‌عنوان یک محدودیت نمی‌بیند، بلکه آن را بخشی از ماهیت مسئله تلقی می‌کند. به همین دلیل، به‌جای تلاش برای حذف کامل نویز، از مدل‌های احتمالاتی برای مدیریت عدم قطعیت استفاده می‌شود.
در این مدل، وضعیت هدف به‌صورت یک توزیع از حالات ممکن نمایش داده می‌شود. هر حالت دارای وزن احتمالی است که نشان‌دهنده میزان سازگاری آن حالت با داده‌های مشاهده‌شده می‌باشد. با ورود داده‌های جدید، این وزن‌ها به‌روزرسانی می‌شوند و تصویر دقیق‌تری از وضعیت محیط حاصل می‌گردد.
این رویکرد به سامانه اجازه می‌دهد که حتی پیش از دستیابی به اطلاعات کامل، تصمیم‌های آگاهانه و پیش‌نگرانه اتخاذ کند.

۷. یکپارچگی عملیاتی و چرخه پیوسته عملکرد سامانه

تمامی لایه‌های فوق در یک چرخه پیوسته با یکدیگر تعامل دارند. داده‌ها به‌صورت مداوم دریافت می‌شوند، تحلیل می‌گردند و نتایج تحلیل به‌صورت بازخورد در سامانه اعمال می‌شود. این چرخه پیوسته باعث می‌شود سامانه همواره در حال تطبیق با شرایط جدید محیط باشد.
این یکپارچگی موجب می‌شود TAR-Q نه‌تنها یک ابزار آشکارسازی، بلکه یک سامانه پویا برای آگاهی موقعیتی مستمر باشد.

۸. مزایای فنی و راهبردی حاصل از راه‌حل ارائه‌شده

راه‌حل ارائه‌شده در اختراع حاضر مزایای متعددی را به همراه دارد، از جمله:

حذف نیاز به فرستنده‌های راداری فعال

کاهش چشمگیر هزینه‌های سخت‌افزاری

امکان استقرار سریع و گسترده

افزایش پنهان‌کاری ذاتی سامانه

تاب‌آوری بالا در برابر اختلال و حمله
این مزایا نتیجه مستقیم طراحی یکپارچه و فلسفه بنیادین اختراع هستند.

۹. پارامترهای شناسایی در سامانه‌های پایش هوایی

در سامانه‌های پایش و شناسایی ترافیک هوایی، مجموعه‌ای از پارامترهای شناسایی و وضعیتی برای توصیف هر پرنده (اعم از هواپیما، پهپاد، یا وسایل پرنده خاص) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامترها بسته به نوع پرنده، سطح شفافیت سیگنال، و ملاحظات امنیتی می‌توانند کامل، ناقص یا متغیر باشند. متن توصیفی یکپارچه این پارامترها به شرح زیر است:
هر پرنده هوایی معمولاً دارای یک کد شناسایی هگزادسیمال منحصربه‌فرد است که به‌عنوان شناسه دیجیتال آن در سامانه‌های ردیابی عمل می‌کند. موقعیت مکانی پرنده از طریق عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی مشخص می‌شود و مسیر حرکت آن با جهت حرکت یا کُرس پروازی توصیف می‌گردد.
وضعیت ارتفاع پرنده معمولاً به‌صورت ارتفاع پروازی بر حسب فوت بیان می‌شود و سرعت آن به‌صورت سرعت زمینی بر حسب نات گزارش می‌گردد. برای ارتباط با سامانه‌های کنترل ترافیک هوایی، برخی پرنده‌ها دارای کد اسکوواک یا کد پاسخگوی راداری هستند که امکان شناسایی ثانویه توسط رادارهای زمینی را فراهم می‌کند. علاوه بر این، ممکن است شناسه یا کد راداری گیرنده زمینی نیز برای ارتباط با ایستگاه‌های مشخص ثبت شود.
از نظر مشخصات فنی، نوع تایپ هواپیما (مدل یا کلاس پرنده) و در صورت وجود، شماره ثبت یا شماره تنه هواپیما در داده‌ها درج می‌گردد.
برای تحلیل زمانی، زمان آخرین به‌روزرسانی داده اهمیت دارد و نشان می‌دهد اطلاعات با چه تأخیری دریافت شده‌اند.
در پروازهای تجاری، اطلاعاتی مانند فرودگاه مبدأ، فرودگاه مقصد و شماره پرواز تجاری نیز در دسترس است. همچنین یک پرچم وضعیت یا وضعیت فعال بودن نشان می‌دهد که پرنده در حال ارسال داده معتبر است یا خیر. تغییرات عمودی پرواز از طریق نرخ صعود یا نرخ فرود مشخص می‌شود که برای تحلیل رفتار پروازی اهمیت زیادی دارد.
برای ارتباطات رادیویی، برخی پرنده‌ها دارای کد فراخوان رادیویی (Call Sign) هستند. همچنین وضعیت عملیاتی پرنده مشخص می‌کند که آیا روی زمین قرار دارد یا در حال پرواز است. در نهایت، در پروازهای تجاری یا سازمانی، کد اختصاری شرکت هواپیمایی یا اپراتور نیز به‌عنوان بخشی از داده‌های شناسایی ثبت می‌شود.

نکته مهم: این پارامترها برای هواپیماهای غیرنظامی، پهپادها، اهداف رادارگریز، جنگنده‌های نظامی، و وسایل پرنده سرنشین‌دار یا بدون سرنشین یکسان نیستند.
در پرنده‌های غیرنظامی معمولاً بخش عمده‌ای از این اطلاعات به‌صورت شفاف در دسترس است.
در پهپادها و پرنده‌های نظامی یا رادارگریز، بسیاری از این پارامترها حذف، رمزگذاری، جعلی یا عمداً پنهان می‌شوند و تنها بخشی از آن‌ها (یا صرفاً نشانه‌های غیرمستقیم) قابل استخراج است.
به همین دلیل، سامانه‌های پیشرفته شناسایی معمولاً به‌جای اتکا به همه پارامترها، از ترکیب داده‌های ناقص، الگوهای رفتاری و تحلیل احتمالاتی برای تشخیص و ردیابی انواع مختلف پرنده‌ها استفاده می‌کنند.

۱۰. جمع‌بندی

در جمع‌بندی می‌توان گفت که اختراع حاضر با ارائه سامانه TAR-Q، یک تغییر پارادایمی در حوزه نظارت و شناسایی ایجاد می‌کند. این اختراع نشان می‌دهد که با بازنگری در تعریف سیگنال و حسگر، و با بهره‌گیری هوشمندانه از زیرساخت‌های دیجیتال موجود، می‌توان راه‌حل‌هایی ارائه داد که هم پنهان‌تر، هم اقتصادی‌تر و هم مقیاس‌پذیرتر از فناوری‌های پیشین باشند.
سامانه TAR-Q نه‌تنها یک پاسخ فنی به یک مشکل مشخص است، بلکه چارچوبی نوین برای تفکر در مورد آینده سامانه‌های نظارتی و آگاهی موقعیتی ارائه می‌دهد.

مطالعه آزاد و رفرنس به بیرون

برای گسترش دانش پیشین و اعتباربخشی به اختراع، رفرنس‌های زیر از منابع معتبر استخراج شده‌اند. این لینک‌ها بر اساس جستجوهای مرتبط با موضوعات PCL، سیگنال‌های فرصت‌طلبانه، WebGPU، QUIC، فیلترهای کالمن، آنتروپی شبکه، و غیره انتخاب شده‌اند:

- Passive Coherent Location Radar - The Silent Threat - DSIAC - dtic.mil
- Passive Coherent Location (PCL) Radar Demonstrator - NATC - nato.int
- Optimizing energy and latency in edge computing through a ... - Nature - nature.com
- Delay Analysis in IoT Sensor Networks - mdpi.com
- Enhancing wireless sensor network performance through self-tuned ... - sciencedirect.com
- On the latency and jitter evaluation of software defined networks - researchgate.net
- Latency vs. Jitter: Understanding Network Metrics - Obkio - obkio.com
- Entropy-based air quality monitoring network optimization using ... - pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
- Queueing-Theoretic Performance Analysis of a Low-Entropy ... - spj.science.org
- MULTISTATIC PASSIVE COHERENT LOCATION RADAR SYSTEM - PSU-ETD - etda.libraries.psu.edu
- Passive radar - Wikipedia - en.wikipedia.org
- Passive coherent location system performance prediction and ... - onlinelibrary.wiley.com
- Multi-passive Coherent Location Radar System for Detection ... - researchgate.net
- Passive Radars and their use in the Modern Battlefield - scienpress.com
- Passive Coherent Location Radar using Software-Defined Radio - ebe.uct.ac.za
- Passive coherent location radar systems. Part 2: Waveform properties - digital-library.theiet.org
- Cooperative Passive Coherent Location: A Promising 5G Service to ... - arxiv.org
- Signals of Opportunity Synthetic Aperture Radar for High Resolution ... - techport.nasa.gov
- Radar as Signal of Opportunity, A New Paradigm for Wireless ... - sspd.eng.ed.ac.uk
- Toward Massive Satellite Signals of Opportunity Positioning ... - spj.science.org
- Feasibility Study of EO SARs as Opportunity Illuminators in Passive ... - pmc.ncbi.nlm.nih.gov
- Adaptive Estimation of Signals of Opportunity - people.engineering.osu.edu
- Bistatic Radar for Tracking a Moving Target using Signals of ... - usu.flintbox.com
- An Introduction to Radio Locationing with Signals of Opportunity - riverpublishers.com
- Using passive radars and satellite signals to detect and ... - youtube.com
- Signals of opportunity: Holy Grail or a waste of time? - GPS World - gpsworld.com
- Waveform Analysis of Transmitters of Opportunity for Passive Radar - apps.dtic.mil
- Scanning and abusing the QUIC protocol - SANS ISC - isc.sans.edu
- The Security Challenges of HTTP/3 and QUIC - What You Need to ... - medium.com
- Inspecting HTTP3 traffic | FortiGate / FortiOS 7.6.5 - docs.fortinet.com
- HTTP/3 and QUIC: Prepare your network for the most important ... - keysight.com
- Estimating the Number of HTTP/3 Responses in QUIC Using Deep ... - arxiv.org
- Overview and Security Implications of HTTP/3 and QUIC, well worth ... - reddit.com
- A QUIC Client-Side Website-Fingerprinting Defence Framework - usenix.org

- Investigating the Adoption of QUIC and Its Impact on Network ... - diva-portal.org
- A hands-on gaze on HTTP/3 security through the lens of HTTP/2 and ... - sciencedirect.com
- QUIC and HTTP/3: The Next Step in Web Performance | IJS Blog - javascript-conference.com
- WSN Architectures for Environmental Monitoring Applications - onlinelibrary.wiley.com
- Understanding Latency, Packet Loss, and Jitter in Network ... - Kentik - kentik.com
- Latency vs. Jitter: Monitoring network performance - telnetnetworks.ca
- A distributed architecture of Sensing Web for sharing open sensor ... - sciencedirect.com
- A web-based sensor network system with distributed data ... - researchgate.net
- Web Messaging for Open and Scalable Distributed Sensing ... - vs.inf.ethz.ch
- Web messaging for open and scalable distributed sensing ... - scispace.com
- WebTag: Web Browsing into Sensor Tags over NFC - PMC - pmc.ncbi.nlm.nih.gov
- Agent System for Operating Web-Based Sensor Nodes via the Internet - fujipress.jp
- Integration of Sensor Networks with Web and Cyber Infrastructure ... - clouds.cis.unimelb.edu.au
- A Web of Things-Based Emerging Sensor Network Architecture for ... - mdpi.com
- Multi-network access to IEEE P1451 smart sensor information using ... - nvlpubs.nist.gov
- A Distributed Agent System for Managing a Web-based Sensor ... - elibrary.asabe.org
- WebGPU API - MDN Web Docs - Mozilla - developer.mozilla.org
- WebGPU is now supported in major browsers | Blog - web.dev - web.dev
- Building GPU-Accelerated WebAssembly Apps Using an RTX 3090 - Medium - thamizhelango.medium.com
- Sugar: Secure GPU Acceleration in Web Browsers - ics.uci.edu
- WebGPU: Unlocking modern GPU access in the browser | Blog - developer.chrome.com
- WebGPU-accelerated real-time in-browser speech recognition - Reddit - reddit.com
- Accelerated Signal Processing with GPU support - towardsdatascience.com
- WebGPU Just Got Real: What Firefox 141 and Upcoming Safari ... - zircon.tech
- GPU Acceleration in Browsers: WebGPU Performance Benchmarks ... - mayhemcode.com
- Accelerated Signal Processing with cuSignal | NVIDIA Technical Blog - developer.nvidia.com
- State Estimation Filters - Computer Science RPI - cs.rpi.edu
- The Interacting Multiple Model Algorithm for Accurate State ... - jhuapl.edu
- Joint parameter and state estimation algorithms for real-time traffic ... - purdue.edu
- Research on the Cooperative Target State Estimation and Tracking ... - pmc.ncbi.nlm.nih.gov
- State of art on state estimation: Kalman filter driven by machine ... - sciencedirect.com

رفرنس‌های دقیق‌تر از گوگل (پتنت‌ها)

- US6522295B2 - Passive coherent location system and method - patents.google.com
- WO2002035252A2 - Civil aviation passive coherent location system and method - patents.google.com
- EP1344083A2 - Civil aviation passive coherent location system and method - patents.google.com

- US20100097266A1 - Single platform passive coherent location using a digital receiver - patents.google.com
- US7782256B2 - Enhanced passive coherent location techniques to track and identify UAVs, UCAVs, MAVs, and other objects - patents.google.com
- EP1992963B1 - Enhanced passive coherent location techniques to track and identify UAVs, UCAVs, MAVs, and other objects - patents.google.com
- US20080088508A1 - Enhanced Passive Coherent Location Techniques to Track and Identify UAVs, UCAVs, MAVs, and Other Objects - patents.google.com
- US6710743B2 - System and method for central association and tracking in passive coherent location applications - patents.google.com
- WO2002091009A2 - System and method for detection and feature extraction in passive coherent location applications - patents.google.com
- US20040257270A1 - Clutter rejection in a passive radar receiver of OFDM signals with antenna array - patents.google.com
- FR2820507A1 - DISCHARGE INTO A PASSIVE RADAR RECEIVER OF OFDM SIGNALS - patents.google.com
- WO2006129306A2 - Passive radar utilizing space-borne digital electromagnetic illuminators - patents.google.com
- US20080165048A1 - Passive radar utilizing space-borne digital electromagnetic illuminators - patents.google.com
- CN104898112A - Passive detection radar based on GSM signals - patents.google.com
- WO2015063488A1 - Apparatus and method for performing passive sensing - patents.google.com

ادعاهای اختراع (Claims)

عنوان ادعا: سیستم و روش تشخیص اشیاء هوایی مبتنی بر تحلیل سایه الکترومغناطیسی و آنتروپی شبکه توزیع‌شده

چکیده (Abstract)

این اختراع سیستمی نوین برای ردیابی و تشخیص اشیاء پرنده در آسمان را ارائه می‌دهد که بر پایه تحلیل "سایه الکترومغناطیسی" (EM Shadow) استوار است.
برخلاف رادارهای فعال که بر بازتاب موج تکیه دارند، این سیستم با پایش تغییرات آنتروپی در شبکه و اعوجاج در میدان‌های پس‌زمینه (Background Fields)، حضور شیء را اثبات می‌کند.
محاسبات بر پایه مثلثات کروی دقیق، معادلات ماکسول برای انتشار موج، و تحلیل رفتار ترانزیستورها در مدارهای منطقی پردازشگرهای محلی انجام می‌شود.

۱. مقدمه و مبانی نظری (Introduction & Theoretical Framework)

۱.۱. تعریف مساله

روش‌های مرسوم راداری در برابر اجسام با سطح مقطع راداری (RCS) پایین دچار مشکل می‌شوند.
این سیستم با استفاده از گیرنده‌های توزیع‌شده، نبودِ سیگنال یا تغییر در چگالی شار مغناطیسی (سایه) را به عنوان سیگنال اصلی در نظر می‌گیرد.

۱.۲. مثلثات کروی در موقعیت‌یابی (Spherical Trigonometry)

برای محاسبه دقیق موقعیت شیء در آسمان نسبت به ناظر زمینی، از مثلثات کروی استفاده می‌کنیم.
فرض کنید ناظر در نقطه O و شیء در نقطه T روی کره سماوی قرار دارند.

معادلات اساسی برای تبدیل مختصات و محاسبه فاصله زاویه‌ای (δ) و آزیموت (α) به شرح زیر است:

قانون کسینوس‌ها برای اضلاع (Spherical Law of Cosines):

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

در سیستم ما، برای یافتن زاویه ارتفاع (El - Elevation) و سمت (Az - Azimuth):

$$\sin(El) = \sin(\phi_O)\sin(\phi_T) + \cos(\phi_O)\cos(\phi_T)\cos(\Delta\lambda)$$

که در آن:
ϕ_O : عرض جغرافیایی ناظر
ϕ_T : عرض جغرافیایی هدف (تخمین زده شده از مرکز سایه)
$\Delta\lambda$: اختلاف طول جغرافیایی

برای محاسبه آزیموت دقیق (Az):

$$\cos(Az) = \frac{\sin(\phi_T) - \sin(\phi_O)\sin(El)}{\cos(\phi_O)\cos(El)}$$

۲. فیزیک الکترومغناطیس و اثبات سایه (Electromagnetic Physics)

۲.۱. معادلات ماکسول و انتشار موج

تشخیص سایه الکترومغناطیسی نیازمند درک دقیق انتشار موج در محیط است.
معادلات ماکسول به فرم دیفرانسیلی حاکم بر سیستم هستند:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$
$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$

زمانی که یک شیء فلزی یا دی‌الکتریک مسیر موج پس‌زمینه را سد می‌کند، شدت میدان الکتریکی ($\mathbf{E}$) در گیرنده دچار افت می‌شود.
توان دریافتی (P_r) در حالت وجود سایه از رابطه اصلاح شده فریس (Friis) پیروی می‌کند:

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 \cdot \Gamma_{shadow}$$

که در آن Γ_{shadow} ضریب تضعیف ناشی از سایه است و تابعی از سطح مقطع شیء (A) و طول موج (λ) می‌باشد.
اگر $\Gamma_{shadow} \to 0$، سیستم وجود مانع را تشخیص می‌دهد.

۳. معماری سخت‌افزار و الکترونیک (Hardware & Electronics)

این بخش به نحوه تبدیل سیگنال فیزیکی به داده دیجیتال در سطح مدارهای مجتمع می‌پردازد.

۳.۱. مدل‌سازی ترانزیستور در طبقه ورودی (Transistor Modeling)

سنسورها از تقویت‌کننده‌های کم‌نویز (LNA) استفاده می‌کنند.
رفتار ترانزیستورهای MOSFET در ناحیه اشباع برای تقویت تغییرات جزئی ناشی از سایه بسیار حیاتی است.
جریان درین-سورس (I_{DS}) به صورت زیر مدل می‌شود:

$$I_{DS} = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox} \frac{W}{L}(V_{GS} - V_{th})^2(1 + \lambda V_{DS})$$

تغییر ناچیز در میدان الکتریکی ورودی (ΔE) باعث تغییر در ولتاژ گیت (V_{GS}) می‌شود:

$$\Delta V_{GS} \propto \int \Delta \mathbf{E} \cdot dl$$

این تغییر کوچک باعث تغییر در جریان خروجی شده که توسط مدارهای منطقی خوانده می‌شود.

۳.۲. مدارهای منطقی و دیجیتال (Logic Circuits)

داده‌های آنالوگ پس از عبور از مبدل ADC وارد واحد پردازش منطقی می‌شوند.
گیت‌های منطقی (NAND/NOR) وظیفه فیلترینگ اولیه نویز را دارند.

تاخیر انتشار (t_{pd}) در گیت‌ها باید کمتر از فرکانس تغییرات سایه باشد:

$$t_{pd} \approx \frac{C_L V_{dd}}{I_{sat}}$$

اگر سیگنال از حد آستانه (V_{IL} یا V_{IH}) عبور کند، وضعیت منطقی تغییر کرده و یک "رویداد" (Event) ثبت می‌شود.

۴. آنتروپی شبکه و الگوریتم تشخیص (Network Entropy & Algorithm)

قلب تپنده سیستم، تحلیل آنتروپی برای یافتن بی‌نظمی در سیگنال‌های دریافتی است.

۴.۱. آنتروپی شانون (Shannon Entropy)

در حالت عادی، سیگنال‌های دریافتی از آسمان دارای یک توزیع احتمال $P(x)$ مشخص (نویز سفید یا سیگنال‌های مخابراتی) هستند.
ورود یک شیء، این توزیع را برهم می‌زند.
آنتروپی (H) سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} P(x_i) \log_2 P(x_i)$$

در اینجا x_i سطوح مختلف انرژی سیگنال است.

حالت عادی: آنتروپی بالا (نویز تصادفی).
حالت سایه (عبور شیء): کاهش آنتروپی (ایجاد یک الگوی منظم ناشی از انسداد) یا تغییر ناگهانی در آنتروپی موضعی.

۴.۲. آنتروپی متقاطع (Cross-Entropy) برای شبکه

برای حذف خطای سنسورهای تکی، از شبکه سنسورها استفاده می‌شود.
آنتروپی متقاطع بین دو سنسور P و Q:

$$H(P, Q) = -\mathrm{E}_{x \sim P}[\log Q(x)]$$

اگر $H(P, Q)$ بین سنسورهای مجاور به طور ناگهانی افزایش یابد، نشان‌دهنده عبور لبه سایه از روی یکی از سنسورهاست.

۵. پیاده‌سازی نرم‌افزاری (JavaScript Implementation)

این بخش کد جاوا اسکریپت مورد نیاز برای اجرا در محیط Node.js یا مرورگر (برای پردازش لبه/Edge) را نمایش می‌دهد.
این کد داده‌های ورودی را گرفته و آنتروپی را محاسبه می‌کند.

```JavaScript
// TAR-Q System: Electromagnetic Shadow Detection Module
// Language: JavaScript (ES6+)
// Context: Local Processing Unit

class ShadowDetector {
    constructor(sensorId, historySize = 100) {
```

```
        this.sensorId = sensorId;
        this.signalHistory = new Array(historySize).fill(0);
        this.threshold = 0.85; // Sensitivity threshold
    }

    // Update signal buffer with new readings from hardware
    updateSignal(newVal) {
        this.signalHistory.shift();
        this.signalHistory.push(newVal);
    }

    // Calculate Probability Distribution
    calculateProbabilities(data) {
        const counts = {};
        data.forEach(x => {
            const bucket = Math.floor(x * 10); // Discretization
            counts[bucket] = (counts[bucket] || 0) + 1;
        });

        const total = data.length;
        return Object.values(counts).map(c => c / total);
    }

    // Shannon Entropy Calculation
    // Formula: H(X) = - sum(p(x) * log2(p(x)))
    calculateEntropy() {
        const probs = this.calculateProbabilities(this.signalHistory);
        let entropy = 0;

        for (let p of probs) {
            if (p > 0) {
                entropy -= p * Math.log2(p);
            }
        }
        return entropy;
    }

    // Core Detection Logic
    detectObject() {
        const currentEntropy = this.calculateEntropy();

        // Logical Analysis: Low entropy implies ordered signal (shadow/blockage)
        // amidst random noise, or significant deviation from baseline.

        const baselineEntropy = 3.5; // Hypothetical baseline for white noise
```

```
        const deviation = Math.abs(currentEntropy - baselineEntropy);

        if (deviation > this.threshold) {
            return {
                detected: true,
                entropy: currentEntropy,
                timestamp: Date.now(),
                message: "ANOMALY DETECTED: EM Shadow Pattern"
            };
        }
        return { detected: false };
    }
}

// --- Simulation of Hardware Loop ---
const processor = new ShadowDetector("Unit-Alpha-01");

// Simulating data stream from Transistor output (ADC values 0.0 to 1.0)
setInterval(() => {
    // Random noise (normal sky)
    let signal = Math.random();

    // Inject artificial shadow effect (signal drop) periodically
    if (Date.now() % 5000 < 500) {
        signal = signal * 0.2; // Shadow effect: signal attenuation
    }

    processor.updateSignal(signal);
    const result = processor.detectObject();

    if (result.detected) {
        console.log(`[ALERT] Sensor ${processor.sensorId}:`, result);
        // Trigger Spherical Trig Calculation Module here
    }
}, 100);
```

۶. نتیجه‌گیری (Conclusion)

سیستم TAR-Q با تلفیق فیزیک کلاسیک (معادلات ماکسول) و ریاضیات مدرن (نظریه اطلاعات و آنتروپی)، روشی مقاوم در برابر اقدامات متقابل الکترونیکی (ECM) ارائه می‌دهد.
از آنجا که این سیستم غیرفعال (Passive) است و بر تحلیل "نبودِ انرژی" (سایه) تمرکز دارد، شناسایی آن توسط هدف تقریبا غیرممکن است.
پیاده‌سازی این الگوریتم‌ها بر روی پردازشگرهای محلی با استفاده از کدهای بهینه جاوا اسکریپت، امکان پردازش بلادرنگ (Real-time) را فراهم می‌سازد.