

BIAŁA KSIĘGA

Radary w systemach dozoru

Aspekty techniczne i dotyczące działania

Czerwiec 2024

Spis treści

1	Streszczenie	3
2	Wprowadzenie	4
3	Czym jest radar?	4
	3.1 Zasada działania	4
	3.2 RCS (skuteczna powierzchnia odbicia)	5
4	Dlaczego warto korzystać z radarów w systemach dozoru?	5
	4.1 Niezawodne przy złej widoczności	5
	4.2 Niska częstotliwość fałszywych alarmów	5
	4.3 Zintegrowane funkcje analizy	6
	4.4 System dozoru zapewniający prywatność	6
5	Radary Axis	6
	5.1 Ogólne cechy i możliwości	7
	5.2 Typowe zastosowanie	8
	5.3 Monitorowanie obszaru i drogi	8
	5.4 Scenariusze i strefy wykluczenia	9
	5.5 Zasięg detekcji i używanie wielu radarów	10
	5.6 Śledzenie i klasyfikacja	10
	5.7 Uwagi	10
	5.8 Bezpieczeństwo EMF	11
6	Porównanie technologii dozoru	12

1 Streszczenie

Chociaż radar wykorzystuje technologię niewizualną, zapewnia szereg korzyści w systemach dozoru. Sprawdza się w wielu sytuacjach, w których inne technologie dozoru mogą nie generować alarmów lub generować fałszywe alarmy, np. przy słabym oświetleniu, w ciemności lub we mgle, a także w przypadku poruszających się cieni lub świateł w otoczeniu. Radar pomaga również w dbaniu o prywatność, ponieważ przekazywane przez niego informacje nie pozwalają na identyfikację osób.

Radary Axis mają zintegrowane funkcje śledzenia i klasyfikacji obiektów, a algorytm klasyfikacji oparty na głębokim uczeniu rozróżnia typ wykrytego obiektu, na przykład człowieka lub pojazd. Radar można skonfigurować tak, aby wyzwał szereg działań w zależności od wykrytego obiektu.

Radary można używać jako samodzielnych urządzeń, na przykład w miejscach, w których używanie kamer jest niedozwolone ze względu na ochronę prywatności. Radary często wchodzi jednak w skład systemów dozoru obejmujących urządzenia wideo i audio.

Typowe instalacje:

- Radary połączone z kamerami optycznymi – do identyfikacji osób wykrytych przez radar. Jest to szczególnie przydatne w przypadku kamer PTZ (obrót/pochylenie/zbliżenie), które mogą śledzić i identyfikować osoby lub pojazdy na podstawie ich dokładnej geolokalizacji określonej przez radar.
- Radary połączone z kamerami termowizyjnymi – szeroki obszar detekcji radaru jest uzupełnieniem wąskiego, ale długiego obszaru detekcji kamery termowizyjnej.
- Radary i urządzenia audio – tam, gdzie identyfikacja wizualna jest niedozwolona lub nie stanowi priorytetu. Odstraszający komunikat dźwiękowy może skutecznie powstrzymać intruza wykrytego przez radar.
- Radary do przekazywania statystyk ruchu drogowego lub informacji zwrotnych dla kierowców – na przykład do zliczania pojazdów lub detekcji pojazdów przekraczających dozwoloną prędkość. Radar można podłączyć do cyfrowej tablicy wyświetlającej prędkość, aby przekazywać informacje kierowcom.

Axis oferuje również kamerę radarowo-optyczną, czyli urządzenie łączące radar i kamerę. Połączenie analizy wideo i danych z radaru umożliwia jeszcze skuteczniejszą detekcję, klasyfikację i wizualizację.

Radary Axis mieszczą się w limitach bezpieczeństwa dotyczących ekspozycji ludności na pola elektromagnetyczne. Podczas normalnej pracy wartości emisji są znacznie niższe od zalecanych poziomów odniesienia. Pozwala to na bezpieczne używanie wielu radarów w tym samym miejscu bez obaw o bezpieczeństwo radiacyjne.

W ostatniej części tego dokumentu w tabeli porównawczej wymieniono różnice i podobieństwa między radarami, kamerami optycznymi i kamerami termowizyjnymi. Często preferowane jest połączenie wielu technologii, ponieważ mają one różne zalety i ograniczenia.

2 Wprowadzenie

Radar to uznana technologia detekcji oparta na falach radiowych. Radar został opracowany w latach 40. XX wieku do celów wojskowych, ale od tego czasu znalazł również szereg innych zastosowań. Radary są dziś wykorzystywane na coraz większą skalę – używa się ich do prognozowania pogody, monitorowania ruchu drogowego oraz zapobiegania kolizjom w lotnictwie i na morzu. Nowoczesne technologie półprzewodnikowe umożliwiają produkcję radarów w wersjach miniaturowych nadających się do użytku w samochodach i małych produktach konsumenckich. W sektorze bezpieczeństwa publicznego radary mogą stanowić uzupełnienie i rozszerzenie funkcjonalności systemów dozoru wizyjnego i innych technologii.

Niniejszy oficjalny dokument zawiera krótki opis działania technologii radarowej oraz szczegółów jej wykorzystania w systemach dozoru i ochrony. Zwracamy w nim uwagę na czynniki, które należy wziąć pod uwagę przed zainstalowaniem radaru, i pokazujemy, jak czynniki te wpływają na skuteczność detekcji. Omawiamy zalety i wady radarów w porównaniu z innymi technologiami bezpieczeństwa takimi jak analiza obrazu wizyjnego i kamery termowizyjne oraz pokazujemy w jaki sposób można łączyć ze sobą różne technologie w celu optymalizacji funkcji dozorowych.

3 Czym jest radar?

Termin „radar” pierwotnie był akronimem bardziej opisowego określenia *radio detection and ranging*, które oznacza radiowy system detekcji i określania odległości. Radar to technologia wykorzystująca fale radiowe do wykrywania obiektów i określania odległości od nich.

3.1 Zasada działania

Radar wysyła sygnały składające się z fal elektromagnetycznych z zakresu częstotliwości radiowych (czyli po prostu fale radiowe). Kiedy sygnał radarowy trafia na obiekt, jest zazwyczaj odbijany i rozpraszany w wielu kierunkach. Niewielka część sygnału jest odbijana z powrotem do urządzenia radarowego, gdzie jest wykrywana przez odbiornik radarowy. Wykryty sygnał zawiera informacje, na podstawie których można określić lokalizację, wielkość i prędkość obiektu, od którego odbiła się fala radiowa.

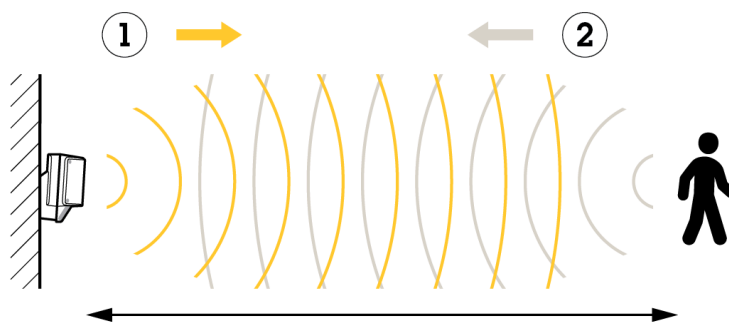


Figure 1. Ogólna zasada działania radaru: sygnał (1) emitowany przez radar odbija się (2) od obiektu.

Przy zastosowaniu tej ogólnej zasady radary można budować w taki sposób, by obsługiwały krótkie impulsy radiowe lub sygnały ciągłe. Technologia działania radaru może się opierać na pomiarze czasu przemieszczania się odbitego sygnału lub zmiany jego częstotliwości. Radary można zaprojektować w taki sposób, aby podawały odległość od wykrytego obiektu lub jego prędkość, a zaawansowane przetwarzanie sygnału może dodatkowo zwiększać precyzję detekcji. Radary Axis wykorzystują technikę fali ciągłej z modulacją częstotliwości (FMCW) i mogą ustalać zarówno odległość, jak i prędkość obiektu. Mierzą

one prędkość radialną obiektu (tj. prędkość zbliżania się obiektu do radaru lub oddalania się od niego) i na tej podstawie obliczają prędkość rzeczywistą.

3.2 RCS (skuteczna powierzchnia odbicia)

Widoczność obiektu na radarze zależy od jego skutecznej powierzchni odbicia (ang. Radar Cross Section, RCS). Jest to wartość liczbową obliczaną na podstawie informacji o rozmiarze, kształcie i materiale obiektu, która ostatecznie determinuje jego wielkość na radarze. RCS człowieka wynosi z reguły od 0,1 m² do 1 m², jest to jednak również typowa wartość RCS zgniecionej puszkę, która jest przecież znacznie mniejsza, ale lepiej widoczna dla radaru. Należy pamiętać, że chociaż RCS mierzy się w m², to wartość ta nie odpowiada obszarowi fizycznemu, lecz jest jego hipotetycznym odpowiednikiem.

Tabela 3.1 Typowa skuteczna powierzchnia odbicia (RCS).

Obiekt	Skuteczna powierzchnia odbicia (RCS)
Owad	0,00001 m ²
Ptak	0,01 m ²
Człowiek	0,1–1 m ²
Zgnieciona metalowa puszka	0,1–1 m ²

4 Dlaczego warto korzystać z radarów w systemach dozoru?

Radary umożliwiają prowadzenie dozoru z wykorzystaniem zupełnie innej technologii niż na przykład kamery optyczne. Można je zintegrować z systemem dozoru wykorzystującym kamery optyczne, kamery termowizyjne, megafony i czujniki ruchu PIR, a także używać ich jako niezależnych urządzeń. Czy to używany niezależnie czy w połączeniu z urządzeniami audio, radar umożliwia prowadzenie dozoru niewizualnego, który zapewnia ochronę prywatności.

4.1 Niezawodne przy złej widoczności

Ponieważ radary nie są oparte na technologii wizualnej, na ich działanie nie mają wpływu warunki atmosferyczne, takie jak mgła. Nie wpływa na nie również natężenie światła, dzięki czemu radar doskonale nadaje się do zastosowań z bardzo jasnym tłem lub w całkowitej ciemności. W takich warunkach radar może stanowić niezwykle cenne uzupełnienie systemu dozoru wizyjnego. Mimo że z reguły kamery termowizyjne z funkcją analizy spełniają swoje zadanie, radar zapewnia więcej danych o obiekcie przy niższych kosztach eksploatacji, a jego obszar detekcji jest znacznie szerszy.

4.2 Niska częstotliwość fałszywych alarmów

W systemach dozoru konieczne jest ograniczenie liczby fałszywych alarmów przy jednoczesnym zapewnieniu maksymalnej skuteczności wykrywania zdarzeń rzeczywistych. Na przykład gdy alarm jest wysyłany bezpośrednio do strażnika, częstotliwość fałszywych alarmów powinna być maksymalnie ograniczona. Zbyt duża liczba fałszywych alarmów może powodować zwątpienie strażnika w skuteczność systemu i w efekcie zignorowanie rzeczywistego alarmu.

Alarmy wyzwalane przez różne rodzaje czujników ruchu lub analizę wideo często wyzwalają jednocześnie funkcję zapisu obrazu wizyjnego, odtwarzanie zarejestrowanej wiadomości audio w celach odstraszenia intruzów lub ostrzeżenia operatora w pomieszczeniu kontrolnym. Przy wysokiej częstotliwości fałszywych alarmów rejestrowana jest bardzo duża ilość materiału wizyjnego. Może to stanowić problem, jeśli nie ma wystarczającej ilości pamięci do przechowywania wszystkich nagrań lub jeśli przeszukiwanie wszystkich nagrań wyzwolonych przez alarmy wymaga zbyt wielu zasobów. Wysoki wskaźnik fałszywych alarmów w systemie z funkcją odtwarzania gotowego komunikatu audio może również znacznie ograniczyć skuteczność odstraszenia.

Radar pozwala wyeliminować fałszywe alarmy lub zminimalizować ich liczbę w zależności od przyczyn:

- **Efekty wizualne.** Kamery wideo rejestrują ruch w oparciu o ustaloną ilość zmian pikseli w monitorowanej scenie. Kiedy odpowiednia liczba pikseli obrazu zmienia się, detektor interpretuje to jako ruch. Jeżeli jednak alarmy są wyzwalane tylko na podstawie zmiany pikseli, wówczas będzie dużo alarmów wywoływanych efektami wizualnymi. Typowymi przykładami takich efektów są poruszające się cienie lub promienie światła. Radar ignoruje te efekty wizualne ze względu na brak skutecznej powierzchni odbicia (RCS) i wykrywa ruch wyłącznie obiektów fizycznych.
- **Zła pogoda.** Deszcz i śnieg mogą istotnie pogarszać skuteczność detekcji ruchu w systemach wizyjnych, ale nie wpływają tak mocno na systemy radarowe.
- **Owady lub krople deszczu.** W systemach wizyjnej detekcji ruchu bardzo małe obiekty znajdujące się bardzo blisko kamery mogą wywoływać fałszywe alarmy. Typowe przykłady takich obiektów to krople deszczu i owady na obiektywie kamery. Owady mogą stwarzać problemy zwłaszcza w systemach dozoru wizyjnego z promiennikiem podczerwieni do monitoringu nocnego, ponieważ źródło promieniowania przyciąga owady. Radary można zaprojektować w taki sposób, by ignorowały obiekty w bezpośredniej bliskości urządzenia, eliminując w ten sposób źródło fałszywych alarmów. W systemach wizyjnych jest to niemożliwe.

4.3 Zintegrowane funkcje analizy

Dzięki radarom Axis nie ma potrzeby stosowania dodatkowych funkcji analitycznych. Urządzenie radarowe jest wyposażone w funkcje wykrywania, śledzenia i klasyfikacji obiektów.

4.4 System dozoru zapewniający prywatność

Kamery dozоровe mogą być postrzegane jako urządzenia ingerujące w prywatność. Do ich instalacji mogą być potrzebne pozwolenia władz lub osobista zgoda wszystkich osób rejestrowanych w materiale wizyjnym. W niektórych miejscach lepszym rozwiązaniem jest niewizualna detekcja radarowa. W celu zwiększenia ochrony można połączyć radar np. z głośnikiem sieciowym, który po wyzwoleniu przez radar odtwarza odstrasżający komunikat audio.

5 Radary Axis

Radary Axis można używać jako niezależnych detektorów, ale także razem z kamerą przekazującą obraz danej sceny. Radary Axis są zalecane w instalacjach zewnętrznych, w których mogą poprawić detekcję w trudnych warunkach i zminimalizować ryzyko występowania fałszywych alarmów. Dzięki zaawansowanym algorytmom śledzącym oraz przekazywaniu danych o lokalizacji i prędkości obiektów radary mogą także stanowić cenne uzupełnienie systemu bezpieczeństwa.

Radary Axis są przeznaczone do monitorowania otwartych przestrzeni. Zaleca się używanie ich na ogrodzonych obszarach, takich jak tereny przemysłowe, a także dachy lub parkingi, gdzie nie oczekuje się ruchu poza określonymi godzinami.

5.1 Ogólne cechy i możliwości

Radary Axis są wyposażone w szereg funkcji dostępnych w kamerach Axis. Przykładowo w systemie bezpieczeństwa radar może być traktowany jak kamera. Radary są zgodne z większością głównych systemów zarządzania materiałem wizyjnym (VMS) i popularnymi systemami hostingu wideo. Podobnie jak nasze kamery, radary Axis obsługują otwarty interfejs VAPIX® umożliwiający integrację na różnych platformach.

Ponadto radary Axis, podobnie jak nasze kamery, można skonfigurować tak, aby z chwilą detekcji wyzwały różne działania. Przykładowo w celu odstraszenia intruzów radary mogą przy użyciu zintegrowanego przekaźnika włączać reflektory LED, odtwarzać dźwięk z megafonu lub uruchamiać rejestrowanie obrazu i wysyłać alerty do pracowników ochrony. Dzięki funkcjom klasyfikacji można ustawiać wybrane metody reakcji na wykrycie konkretnych obiektów, takich jak człowiek lub pojazd.

Aby łatwiej sprawdzać, w którym miejscu poruszają się obiekty, można wczytać mapę referencyjną – na przykład mapę obiektu lub zdjęcie lotnicze – która pokazuje obszar znajdujący się w zasięgu radaru.

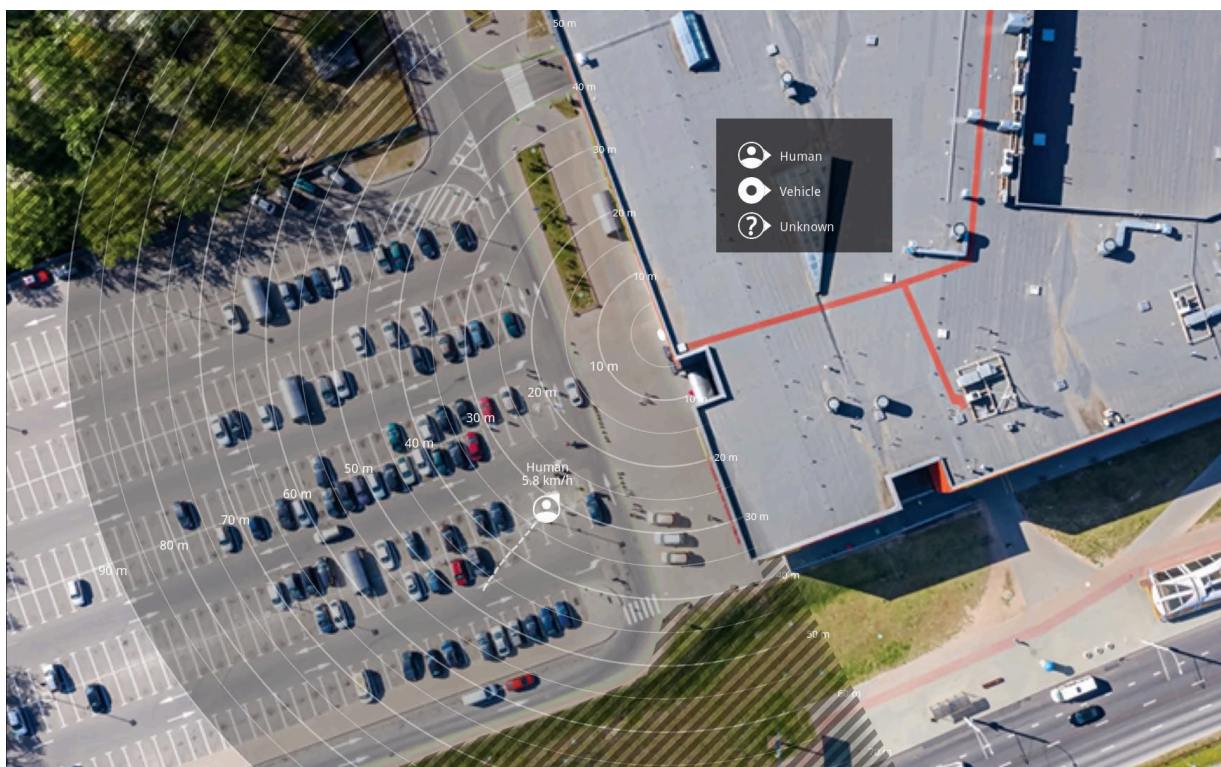


Figure 2. Zrzut ekranu interfejsu użytkownika radaru Axis z obrazem referencyjnym sceny.

Radar udostępnia na bieżąco aktualizowane informacje o położeniu obiektu. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu otwartego strumienia metadanych zgodnego ze specyfikacjami ONVIF, w których informacje specyficzne dla radaru, takie jak położenie i prędkość zostały dodane jako rozszerzenie. Deweloperzy innych firm mogą wykorzystywać te informacje do tworzenia własnych aplikacji, na przykład do detekcji przecięcia linii lub monitorowania prędkości. Można również dodać geolokalizację i orientację radaru, które ułatwiają wizualizację wykrytych obiektów w czasie rzeczywistym w widoku ogólnym lub na mapie.

Wykorzystując informacje o prędkości i odległości, radar może również filtrować obiekty na podstawie prędkości i sposobu przemieszczania się przez dany obszar.

5.2 Typowe zastosowanie

Radary są często łączone z innymi urządzeniami w celu zoptymalizowania detekcji lub odstraszenia. Typowe zastosowanie radaru:

- **Detekcja i weryfikacja wizualna za pomocą radaru i kamery.** Aby umożliwić skuteczne określanie przyczyn alarmów lub identyfikację osób, scena może być również monitorowana przez kamerę wizyjną. W takim przypadku można używać kamery radarowo-optycznej, aby zapewnić jeszcze lepszą detekcję, klasyfikację i wizualizację.
- **Automatyczne śledzenie PTZ.** Radary Axis mogą być używane do automatycznego śledzenia za pomocą kamery PTZ (obrót/pochylenie/zbliżenie). Wykrycie obiektu przez radar spowoduje automatyczne włączenie połączonej kamery PTZ, która namierzy i będzie śledziła obiekt oraz rejestrowała jego obraz. Funkcja automatycznego śledzenia ruchu jest możliwa, ponieważ radar podaje dokładną lokalizację geograficzną obiektu. Firma Axis oferuje opcje automatycznego śledzenia zarówno instalowane na krawędzi systemu, jak i oparte na serwerach. Funkcja oparta na serwerze umożliwia połączenie wielu kamer PTZ i radarów zainstalowanych w różnych lokalizacjach.
- **Ochrona obwodowa z radarem i kamerą termowizyjną.** Do ochrony zastrzeżonego obszaru można stosować kamery termowizyjne zainstalowane na obwodzie, których uzupełnieniem są radary przeznaczone do śledzenia intruzów wewnątrz strefy zastrzeżonej. Taka konfiguracja stanowi ekonomiczne połączenie wąskiego i długiego obszaru detekcji kamery termowizyjnej z szerokim obszarem detekcji radaru.
- **Detekcja i odstraszanie z zachowaniem prywatności.** W przypadku instalacji z radarem i megafonem sieciowym intruzi wykryci przez radar mogą być skutecznie odstraszeni komunikatem audio.
- **Prędkość ruchu drogowego i informacje zwrotne dla kierowców.** Radar może być używany do detekcji pojazdów przekraczających dozwoloną prędkość. Konfigurację i maksymalną prędkość można sprawdzić w podręczniku użytkownika. Radar można podłączyć do cyfrowej tablicy wyświetlającej prędkość przejeżdżających pojazdów. Takie tablice z wyświetlaniem prędkości przekazują informacje kierowcom i bardzo skutecznie skłaniają ich do zwalniania.
- **Statystyki ruchu drogowego.** Radar może zliczać pojazdy oraz pozyskiwać statystyki ruchu drogowego dotyczące prędkości i kierunku ruchu pojazdów. Kamera i aplikacja AXIS Speed Monitor umożliwiają wizualizację statystyk, dając wgląd w warunki i bezpieczeństwo na monitorowanej drodze oraz pomagając w podejmowaniu odpowiednich działań.

5.3 Monitorowanie obszaru i drogi

Radary Axis są przeznaczone do monitorowania otwartych przestrzeni. Radar Axis może też służyć do monitorowania obszaru lub drogi. Dwa dostępne profile optymalizują wydajność w każdym z tych scenariuszy.

Profil monitorowania obszaru jest zoptymalizowany pod kątem obiektów poruszających się z małą prędkością. Profil ten umożliwi kategoryzowanie wykrywanych obiektów jako ludzi, pojazdy lub obiekty nieznanne. Można skonfigurować regułę wyzwalającą działanie w przypadku wykrycia dowolnego z tych obiektów.

Profil monitorowania drogi jest zoptymalizowany pod kątem śledzenia pojazdów poruszających się z dużą prędkością na drogach podmiejskich, drogach szybkiego ruchu i autostradach.

Szczegółowe informacje na temat profili i ich specyfikacji prędkości można znaleźć w podręczniku użytkownika każdego radaru.

5.4 Scenariusze i strefy wykluczenia

Aby określić, gdzie ma być wykrywany ruch, można dodać wiele stref. W celu wyzwalania różnych działań można użyć różnych stref. Istnieją dwa rodzaje stref:

Scenariusz (wcześniej określany jako strefa detekcyjna) to obszar, na którym poruszające się obiekty wyzwalają reguły. Scenariusz domyślny obejmuje cały obszar znajdujący się w zasięgu radaru. Można dodawać własne scenariusze, aby tworzyć różne reguły dla różnych części sceny. Podczas dodawania scenariusza można wskazać, czy działania mają być wyzwalane po wykryciu obiektu poruszającego się w ramach obszaru czy po przecięciu przez obiekt jednej lub dwóch linii.

Strefa wykluczenia to obszar, w którym poruszające się obiekty są ignorowane. Strefy tej można użyć, jeśli w scenariuszu znajdują się obszary, w których często są wyzwalane niechciane alarmy.

5.4.1 Obsługa niepożądanych odbić i stref wykluczenia

Obiekty wykonane z materiałów odblaskowych, takich jak metal, mogą zakłócać działanie radaru. Odbicia mogą prowadzić do fałszywych detekcji, które są trudne do oddzielenia od prawdziwych.

Ponadto niepożądane detekcje mogą mieć miejsce na obszarach z wieloma poruszającymi się obiektami, na przykład na ruchliwej ulicy albo na obszarze z kołyszącymi się drzewami lub krzewami.

Niepożądanych detekcji można uniknąć, dodając strefy wykluczenia w interfejsie WWW radaru. Radar będzie ignorował wszystkie poruszające się obiekty w zdefiniowanej strefie wykluczenia.

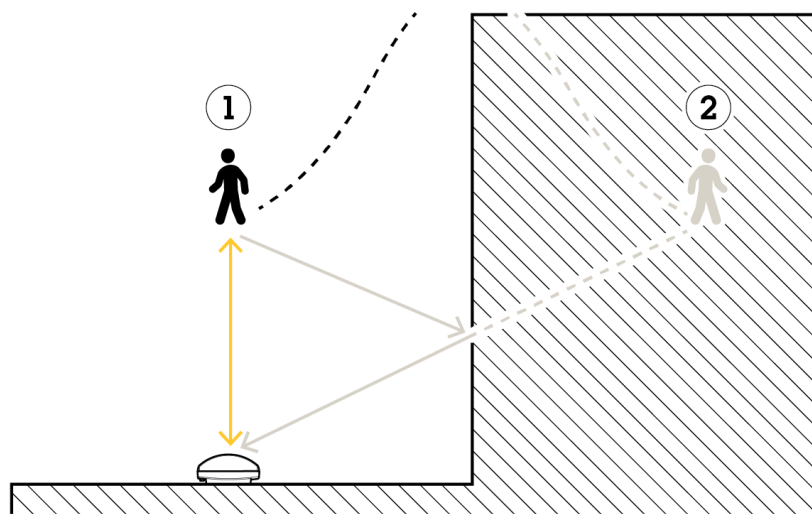


Figure 3. W przypadku ścian lub podobnych obiektów znajdujących się w zasięgu radaru fałszywe detekcje (2) spowodowane odbiciem mogą być trudne do odróżnienia od prawdziwych detekcji (1). W tym przykładzie problem można zminimalizować, dodając strefę wykluczenia przy ścianie.

5.5 Zasięg detekcji i używanie wielu radarów

Zasięg detekcji różni się w zależności od typu wykrywanego obiektu. Zależy również od topografii sceny oraz wysokości montażu i pochyleń radaru. Można zainstalować wiele radarów w celu pokrycia większego obszaru niż określony obszar detekcji każdego z nich.

Aby uniknąć zakłóceń elektromagnetycznych, nie należy przekraczać maksymalnej dozwolonej liczby sąsiadujących radarów zainstalowanych na tym samym obszarze. Zakłócenia mogą negatywnie wpływać na działanie radaru. Problemy związane z zakłóceniami nasilają się wraz z liczbą radarów na tym samym obszarze, ale zależą również od charakteru otoczenia i ustawienia radaru względem ogrodzeń, budynków oraz radarów znajdujących się w pobliżu. W przypadku przekroczenia maksymalnej dozwolonej liczby sąsiadujących radarów na tym samym obszarze należy je ustawić tak, aby nie były skierowane na siebie nawzajem. W radarach Axis można również włączyć opcję współistnienia minimalizującą zakłócenia.

Specyfikacje zasięgu i porady dotyczące instalacji, które pomagają uzyskać maksymalny zasięg i zminimalizować zakłócenia każdego radaru, można znaleźć w odpowiedniej instrukcji instalacji i podręczniku użytkownika. Można także użyć narzędzia AXIS Site Designer, aby zaplanować umiejscowienie i zasięg radaru.

5.6 Śledzenie i klasyfikacja

Radar łączy funkcje detekcji, śledzenia i klasyfikacji obiektów, dzięki czemu nie ma potrzeby korzystania z dodatkowych aplikacji analitycznych. Przez mierzenie przesunięcia fazowego i zmiany częstotliwości odbitych sygnałów radary Axis uzyskują dane o lokalizacji, prędkości, kierunku i rozmiarze poruszającego się obiektu.

Następnie dane te są przetwarzane przez działające w radarze algorytmy zaawansowanego przetwarzania sygnału, które śledzą i klasyfikują wykryte objekty. System grupuje dane dotyczące odbicia w klastrach reprezentujących poszczególne objekty i gromadzi informacje o tym, jak klastry te poruszają się w kolejnych przedziałach czasu w celu utworzenia ścieżek. Po zastosowaniu matematycznego modelu ruchu i przefiltrowaniu danych algorytm może ustalić, do której kategorii należy obiekt – na przykład, czy jest to człowiek czy pojazd. Algorytm klasyfikujący, który łączy metody tradycyjnego uczenia maszynowego i uczenia głębokiego, został wytrenowany z wykorzystaniem obszernego zestawu danych sygnatur radarowych odpowiadających ludziom, pojazdom i różnym zwierzętom. Nie jest konieczne dalsze trenowanie algorytmu przez użytkownika.

Zastosowany model matematyczny może także w razie potrzeby przewidywać położenie obiektu, na przykład, gdy obiekt chwilowo zniknie z pola detekcji lub zostanie zasłonięty. W związku z tym algorytm śledzenia w większym stopniu uodparnia radar na szum i błędne pomiary.

5.7 Uwagi

Podobnie jak w przypadku wszystkich pozostałych technologii detekcji w pewnych sytuacjach radary Axis mogą nie działać optymalnie. Skuteczność pracy radaru ograniczają m.in.:

- **Kołyszące się objekty nieruchome mogące wywoływać fałszywe alarmy.** Mimo że radar zwykle jest w stanie ignorować drzewa, krzewy i flagi poruszające się na wietrze, czasami algorytm filtrujący może być nieskuteczny przy silnym wietrze lub nagłych podmuchach wiatru. Jeśli stanowi to problem, można wykluczyć całe strefy.
- **Roślinność może ograniczać skuteczność detekcji bardzo wolno poruszających się obiektów.** Dla danego zakresu i prędkości radar może wykryć tylko jeden obiekt. Oznacza to, że grupa wolno

kołyszających się drzew w odległości np. 50 m w jednym kierunku może uniemożliwiać detekcję wolno poruszającej się osoby znajdującej się w odległości 50 m w innym kierunku.

- W ruchliwym środowisku może dochodzić do fałszywych detekcji. W scenach, w których występuje wiele obiektów odbijających fale radiowe, liczne odbicia mogą prowadzić do fałszywych detekcji.
- Co najmniej dwie poruszające się osoby lub dwa obiekty radar może błędnie sklasyfikować jako jedną osobę lub jeden obiekt. Aby radar zidentyfikował obiekty jako odrębne, muszą one znajdować się w odległości co najmniej 3 m od siebie.
- W przypadku zastosowań w ruchu drogowym należy sprawdzić ograniczenie prędkości dotyczące używanego urządzenia i profilu. Algorytmy śledzenia zostały zaprojektowane do obsługi prędkości niższych od maksymalnej prędkości podanej w arkuszu danych. Obiekty poruszające się szybciej mogą zostać pominięte lub wykryte z niewłaściwym kątem.

5.8 Bezpieczeństwo EMF

Producenci sprzętu radiowego emitującego pole elektromagnetyczne (electromagnetic field – EMF) są zobowiązani do przestrzegania rygorystycznych międzynarodowych norm i przepisów w celu zapewnienia bezpieczeństwa swoich produktów. Dotyczy to również radarów Axis, które działają w pasmach częstotliwości 24 GHz lub 60 GHz. Chociaż urządzenia działające w tych pasmach nie wymagają licencji, Axis korzysta z ocen przeprowadzanych przez niezależnych dostawców usług testów i certyfikacji, aby zapewnić zgodność z lokalnymi i międzynarodowymi przepisami dotyczącymi ekspozycji organizmu ludzkiego na pola elektromagnetyczne.

Limity ekspozycji na pola elektromagnetyczne zostały ustalone na podstawie kompleksowych badań medycznych, aby zapewnić bezpieczną eksploatację urządzeń emitujących takie pola. Wiele krajów przyjmuje wytyczne Międzynarodowej Komisji ds. Ochrony przed Promieniowaniem Niejonizującym (ICNIRP)¹, natomiast w Stanach Zjednoczonych przestrzegane są podobne limity ustanowione przez Federalną Komisję Łączności (FCC)². Limity te są ustalane zachowawczo z dużym marginesem bezpieczeństwa, znacznie poniżej poziomów, przy których zaobserwowano negatywny wpływ na zdrowie.

Parametry radarów Axis mieszają się w tych limitach bezpieczeństwa. Podczas normalnej pracy emisje są znacznie niższe niż zalecane poziomy odniesienia, co pozwala na bezpieczne używanie wielu radarów w tym samym miejscu bez obaw o bezpieczeństwo radiacyjne.

Moc nadawcza radarów Axis jest znacznie niższa niż 100 mW i porównywalna z mocą wyjściową standardowego routera Wi-Fi®. Gęstość mocy jest zgodna z prawem odwrotnych kwadratów, co oznacza, że gwałtownie maleje wraz ze wzrostem odległości od źródła. W związku z tym przy niewielkiej, zaledwie kilkucentymetrowej odległości gęstość mocy radaru Axis jest już znacznie niższa od limitów ekspozycji na pole elektromagnetyczne.

Axis zaleca zachowanie odległości co najmniej 20 cm od radaru w celu zapewnienia optymalnego bezpieczeństwa. Przy tej odległości gęstość mocy wynosi tylko 0,2 W/m², a więc znacznie poniżej 10 W/m², czyli limitu ekspozycji ludności wyznaczonego przez ICNIRP i FCC. Zalecenie to zapewnia dodatkowe bezpieczeństwo i spokój osobom znajdującym się w pobliżu radaru.

¹ Wytyczne ICNIRP dotyczące ograniczania ekspozycji na pola elektromagnetyczne (od 100 kHz do 300 GHz), <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>

² Wytyczne FCC dotyczące oceny wpływu promieniowania o częstotliwości radiowej na środowisko, <https://www.fcc.gov/document/guidelines-evaluating-environmental-effects-radiofrequency>

6 Porównanie technologii dozoru

Nie ma jednej technologii, która spełniałaby wymagania wszystkich instalacji. W tabeli poniżej znajduje się porównanie technologii dozoru, w tym radarowego, z uwzględnieniem różnych czynników.

Tabela 6.1 Porównanie produktów w zakresie wykrywania i ochrony obszaru.

	Radax Axis	Kamera dozorowa z detekcją ruchu	Kamera termowizyjna z funkcją analizy
Zakres/obszar	Średni/szeroki	Krótki/szeroki	Długi/wąski
Wymaga oświetlenia	Nie	Tak	Nie
Częstotliwość fałszywych alarmów	Niski	Wysoki	Niski
Koszty	Średni	Niski	Wysoki
Informacje o obiekcie	Detekcja, położenie, współrzędne GPS, prędkość, odległość, kąt ruchu	Detekcja, rozpoznawanie, identyfikacja	Detekcja, rozpoznawanie

Jak wynika z tego porównania, w odróżnieniu od innych technologii, dozór radarowy oferuje różne typy informacji o obiektach, w tym ich położenie i prędkość. Jednak w celu zapewnienia optymalnego dozoru zaleca się łączenie kilku technologii i korzystanie z unikalnych zalet każdej z nich, ponieważ każde rozwiązanie posiada zarówno zalety, jak i ograniczenia.

O firmie Axis Communications

Axis umożliwia tworzenie mądrzejszego i bezpieczniejszego świata, tworząc rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo i wydajność biznesową. Jako firma z branży technologicznej będąca liderem na rynku, Axis oferuje systemy dozoru wizyjnego, kontroli dostępu, domofonowe i rozwiązania audio. Rozwiązania te są wzbogacone o inteligentne aplikacje analityczne i wysokiej jakości szkolenia

Firma Axis zatrudnia około 4000 zaangażowanych pracowników w ponad 50 krajach i współpracuje z partnerami z sektora technologii oraz integracji systemów na całym świecie, aby dostarczać rozwiązania dla klientów. Firma Axis powstała w 1984 roku, a jej siedziba znajduje się w Lund w Szwecji