

Średnia przepływność bitowa (ABR), zmienna
przepływność bitowa (VBR) i maksymalna
przepływność bitowa (MBR)

Marzec 2023

Streszczenie

Kontroler przepływności bitowej to mechanizm, który analizuje przepływność bitową kodowanego materiału wizyjnego i określa, czy konieczne jest jego zredukowanie. Do uzyskania przepływności odpowiadającej przepustowości i ilości pamięci masowej systemu wizyjnego stosuje się różne metody zmniejszania ilości danych. W niniejszej białej księdze prezentujemy i porównujemy trzy metody kontroli przepływności bitowej najczęściej stosowane w produktach Axis z zakresu sieciowych systemów wizyjnych: ABR, VBR i MBR. Metodę CBR (constant bitrate – stała przepływność bitowa) opisujemy krótko w dodatku, ponieważ jest ona szeroko stosowana przez innych dostawców sieciowych systemów wizyjnych.

- **Średnia przepływność bitowa (average bitrate – ABR)** to zaawansowana metoda kontroli przepływności opracowana z myślą o poprawie jakości obrazu wideo przy jednoczesnym utrzymaniu zapotrzebowania na pamięć masową w granicach danego systemu wizyjnego. Choć głównym celem metody ABR nie jest zmniejszenie zapotrzebowania na przepustowość, utrzymuje ona przepływność w przydzielonym limicie w całym okresie nagrania – do strumienia wideo przypisywana jest określona ilość pamięci masowej i kontroler ABR dostosowuje jakość obrazu tak, aby cały strumień zmieścił się w przydzielonej pamięci.

Metoda ABR stale monitoruje bieżącą przepływność, dzięki czemu kamera może kontrolować ilość zajętej pamięci masowej i stale dostosowywać docelową przepływność, aby zapewnić optymalną jakość wideo w zadanym okresie. Niewykorzystana pamięć masowa z wcześniejszych okresów z mniejszą ilością ruchu może być wykorzystywana do zapewnienia wyższej jakości materiału wideo w późniejszych okresach zawierających więcej ruchu, co pozwala utrzymać przepływność w przydzielonym limicie pamięci. Metoda ABR jest stosowana w przypadku strumieni wideo rejestrowanych w trybie ciągłym bez zaplanowanych przerw. Jest obsługiwana przez produkty Axis wyposażone w procesor ARTPEC i oprogramowanie w wersji 9.40 lub nowsze i stanowi dobre uzupełnienie technologii Zipstream.

- **Zmienna przepływność bitowa (variable bitrate – VBR)** to najprostsza metoda kontroli przepływności. Oferuje stałą, wysoką jakość materiału wideo, lecz jej główną wadą jest trudne do przewidzenia zapotrzebowanie na pamięć masową. Ruch i inne zdarzenia w rejestrowanym obrazie mogą znacznie zwiększyć wielkość strumienia wideo i przepływność bitową, dlatego w systemie wykorzystującym metodę VBR należy zapewnić dość duży zapas pamięci masowej na tego typu zdarzenia.
- **MBR (maximum bitrate – maksymalna przepływność bitowa)** to metoda gwarantująca utrzymanie przepływności bitowej poniżej określonej wartości niezależnie od stopnia złożoności sceny. Choć przepływność może chwilowo przekroczyć limit, metoda MBR dba, by średnia wartość przepływności była utrzymywana poniżej tej wartości. Ograniczanie przepływności odbywa się to bez uwzględniania wpływu na jakość obrazu, która zwykle ulega obniżeniu. Im większa różnica między rzeczywistą przepływnością a limitem przepływności bitowej, tym większe ryzyko utraty szczegółów istotnych przy prowadzeniu prac wyjaśniających. Przy starannie dobranym limicie przepływności metoda MBR może skutecznie chronić system przed niepotrzebnymi skokami przepływności i zapobiegać utracie danych powodowanej przez ograniczoną pamięć masową lub niską jakość połączenia sieciowego.

Jeśli nie występują żadne ograniczenia w zakresie pamięci masowej, sieci i systemu do zarządzania materiałem wizyjnym (VMS), metoda VBR zapewnia najwyższą jakość obrazu wideo. W systemach o ograniczonej wydajności możliwe jest utrzymanie wysokiej jakości materiału wizyjnego, pod warunkiem, że zostanie starannie dobrany poziom kompresji oraz wysoki limit przepływności bitowej MBR. Niemniej jednak w większości przypadków najlepszym rozwiązaniem jest metoda ABR z ustawionym limitem MBR. Taka kombinacja może zapewnić optymalną jakość materiału wideo także w zmieniających się warunkach sceny, a jeśli limit MBR jest wystarczająco wysoki, nadmierne obniżenie przepływności bitowej spowoduje wygenerowanie powiadomienia.

Spis treści

1	Wprowadzenie	4
2	Podstawy kontroli przepływności bitowej	4
2.1	Metody zmniejszania ilości danych	4
2.2	Standardy kodowania wideo	5
2.3	Kontrola przepływności bitowej i technologia Zipstream	5
3	Średnia przepływność bitowa (ABR)	5
3.1	Kontrola przepływności bitowej z ustawionym limitem	6
3.2	Konfiguracja metody ABR	6
3.3	Metoda ABR i technologia Zipstream	7
3.4	Produkty obsługujące metodę ABR	7
4	Zmienna przepływność bitowa (VBR)	7
5	Maksymalna przepływność bitowa (MBR)	8
6	Informacje o kontroli przepływności bitowej: działanie i ograniczenia	9
6.1	ABR	9
6.1.1	Sceny i ustawienia	9
6.1.2	Zdarzenia ABR	10
6.2	VBR – scena i ustawienia	11
6.3	MBR – scena i ustawienia	11
7	Ustawienia wideo mające wpływ na przepływność bitową	12
8	Porównanie metod kontroli przepływności bitowej	13
9	Dodatek 1: Stała przepływność bitowa (CBR)	14

1 Wprowadzenie

Kontroler przepływności bitowej to mechanizm, który analizuje przepływność bitową kodowanego materiału wizyjnego i określa, czy konieczne jest jego zredukowanie. Do uzyskania przepływności odpowiadającej przepustowości i ilości pamięci masowej systemu wizyjnego stosuje się różne metody zmniejszania ilości danych.

W niniejszej białej księdze prezentujemy i porównujemy różne metody kontroli przepływności bitowej stosowane w produktach Axis z zakresu sieciowych systemów wizyjnych: ABR, VBR i MBR. Omawiamy i porównujemy adekwatność poszczególnych metod dla różnego rodzaju scen i przedstawiamy parametry, które mają wpływ na wydajność każdej metody. Metodę CBR (stała przepływność bitowa) opisujemy krótko w dodatku, ponieważ jest ona szeroko stosowana przez innych dostawców sieciowych systemów wizyjnych.

2 Podstawy kontroli przepływności bitowej

Większość systemów dozoru ma ograniczenia związane z wydajnością. Aby dostosować się do ilości dostępnej pamięci masowej lub przepustowości sieci albo jednego i drugiego parametru, system dozoru musi być wyposażony w mechanizm, który ogranicza i kontroluje ilość informacji generowanych przez urządzenia przesyłające strumień wideo. Mechanizmem tym jest kontrola przepływności bitowej.

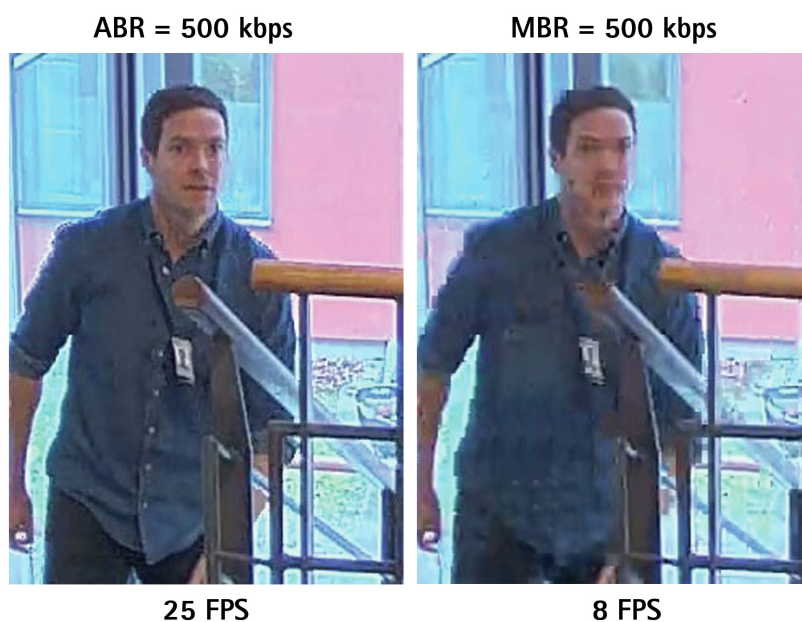
2.1 Metody zmniejszania ilości danych

Kontrola przepływności bitowej jest ściśle związana z procesem kodowania wideo, w ramach którego nieprzetworzony materiał wizyjny o bardzo wysokiej przepływności jest przekształcany do postaci wideo gotowego do przesłania lub zapisu, o przepływności adekwatnej do danego zastosowania. Algorytm kodowania wideo identyfikuje i usuwa niepotrzebne dane i formatuje materiał wizyjny, tworząc optymalny strumień wideo. W procesie tym wykorzystywany jest mechanizm kontrolny – kontroler przepływności, który analizuje wyjściową przepływność bitową i określa, ile informacji trzeba usunąć. Pożądana przepływność bitowa musi zostać osiągnięta zgodnie z wybraną metodą zmniejszania ilości danych, co odbywa się głównie poprzez dynamiczną zmianę jakości materiału wideo.

Istnieje wiele metod umożliwiających dostosowywanie przepływności wideo przy jednoczesnym zachowaniu wymaganych kryteriów jakościowych. Niemniej jednak większość algorytmów wymaga wcześniejszej ręcznej ingerencji i nie dostosowuje się automatycznie do zmieniających się warunków sceny. Konfiguracja przepływności bitowej w dozorze wizyjnym to skomplikowany i czasochłonny proces ze względu na duży koszt pamięci masowej potrzebnej do zapisu materiału wizyjnego oraz fakt, że system dozoru musi funkcjonować w sposób ciągły bez kontroli operatora.

Najczęściej stosowanymi metodami kontroli przepływności bitowej są maksymalna przepływność bitowa (MBR) i stała przepływność bitowa (CBR). Metody te utrzymują wybrane przez użytkownika ograniczenie przepływności, jednakże mogą również spowodować drastyczne obniżenie jakości materiału wizyjnego używanego przy prowadzeniu prac wyjaśniających. Średnia przepływność bitowa (ABR) to bardziej zaawansowana metoda kontroli przepływności, która ogranicza do minimum wymagane czynności konfiguracyjne i umożliwia dostarczanie optymalnej jakości materiału wideo bez nadzoru operatora.

Aby umożliwić porównanie metod ABR i MBR, na poniższej ilustracji przedstawiono przycięte ujęcia z materiału wideo z dużą sceną o wysokim poziomie ruchomości. Materiał wideo został zakodowany z limitem przepływności bitowej wynoszącym 500 kb/s przy użyciu różnych metod kontroli przepływności – ABR po lewej i MBR po prawej. Jakość obrazu i poklatkowość były znacznie wyższe w przypadku metody ABR, ponieważ umożliwiła ona zastosowanie o wiele wyższej przepływności chwilowej (około 4000 kb/s) w krótkim okresie dużego ruchu w scenie, która ogólnie była bardzo statyczna. Kontroler ABR miał przydzieloną pamięć masową pozwalającą na tymczasowe zwiększenie przepływności bitowej, podczas gdy algorytm MBR nie dysponował taką możliwością.



Ilustracja 2.1 Przycięte ujęcia z materiału video z dużą sceną o wysokim poziomie ruchomości. Jakość obrazu i poklatkowość były znacznie wyższe w przypadku metody ABR, ponieważ umożliwiła ona zastosowanie o wiele wyższej przepływności chwilowej (około 4000 kb/s) w krótkim okresie dużego ruchu w scenie, która ogólnie była bardzo statyczna.

2.2 Standardy kodowania wideo

Wyższa przepływność bitowa oznacza na ogół wyższą jakość materiału wizyjnego, jednakże niektóre algorytmy kodowania wideo są bardziej wydajne od innych. Algorytmy kodowania wideo są podzielone według standardów kodowania. Każda kolejna generacja algorytmu zwykle kompresuje wideo skuteczniej przy zachowaniu takiej samej przepływności bitowej. Obecnie najbardziej popularnym standardem kodowania wideo jest H.264/AVC. Nowsza wersja H.265/HEVC nie weszła jeszcze do powszechnego użytku w branży dozoru wizyjnego głównie ze względu na dużą złożoność, ograniczoną wydajność przy słabym oświetleniu i problemy związane z licencjonowaniem.

2.3 Kontrola przepływności bitowej i technologia Zipstream

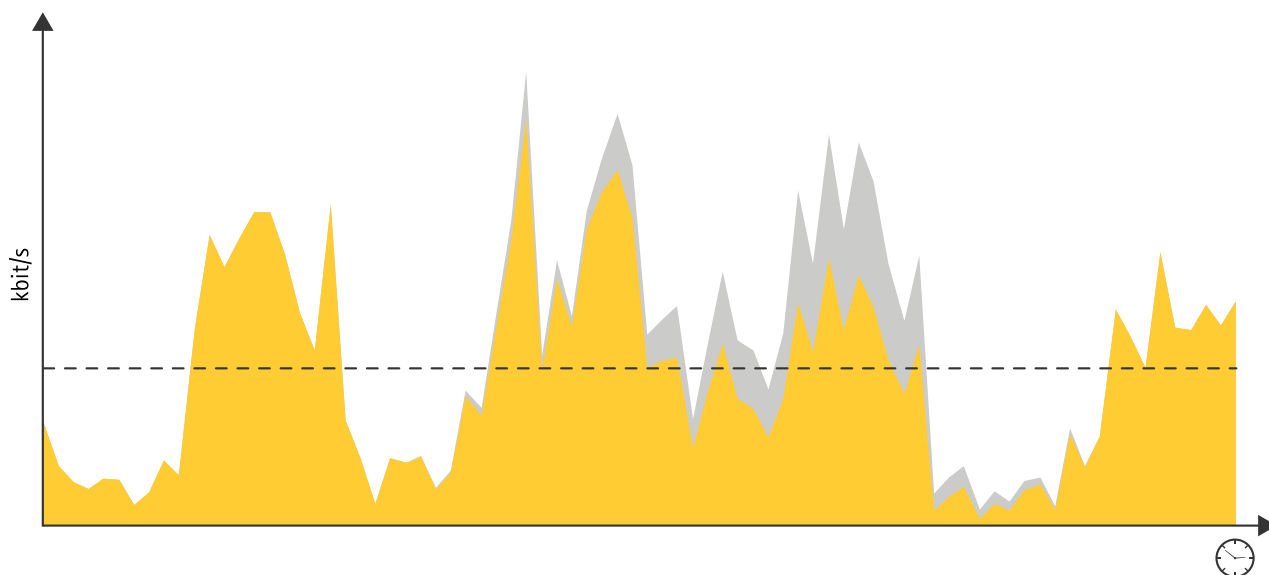
Axis Zipstream technology to zgodna ze standardem implementacja wideoenkodera, która jest o wiele wydajniejsza od standardowych enkoderów. W odróżnieniu od większości technologii redukujących przepływność bitową, Zipstream nie tylko zmniejsza przepływność. Inteligentne algorytmy identyfikują i zapisują lokalnie wysokiej jakości szczegóły istotne przy prowadzeniu prac wyjaśniających, jednocześnie silnie kompresując inne części obrazu w celu obniżenia średniej przepływności bitowej. Odbyna się to w ten sposób, że wideoenkoder wykorzystuje algorytm Zipstream do ustalenia, w której części obrazu można zredukować dane, a algorytm kontroli przepływności pomaga mu realizować ten proces.

3 Średnia przepływność bitowa (ABR)

ABR to zaawansowana metoda kontroli przepływności bitowej oferująca optymalną jakość materiału wizyjnego oraz pomagająca uniknąć powiększania ilości pamięci masowej przydzielonej do każdej kamery. Dzięki ustawieniu czasu przechowywania i przydzielonej pamięci masowej na poziomie kamery wbudowany algorytm może stale monitorować i dostosowywać parametry kompresji wideo, trafnie przewidując zapotrzebowanie na pamięć masową bez uszczerbku dla jakości obrazu.

3.1 Kontrola przepływności bitowej z ustawionym limitem

Metoda ABR kontroluje przepływność w oparciu o limit pamięci masowej konfigurowany w ustawieniach kamery. Do strumienia wideo przydzielana jest określona ilość pamięci masowej i kontroler ABR w kamerze dostosowuje jakość obrazu tak, aby materiał wideo z całego zadanego okresu zmieścił się w przydzielonym limicie pamięci. Metoda ABR stale monitoruje przepływność, dzięki czemu kamera może kontrolować ilość zajętej pamięci masowej i stale dostosowywać docelową przepływność, aby zapewnić optymalną jakość wideo w zadanym okresie. Niewykorzystana pamięć masowa z wcześniejszych okresów z mniejszą ilością ruchu może być wykorzystywana do zapewnienia wyższej jakości materiału wideo w późniejszych okresach zawierających więcej ruchu, co pozwala utrzymać przepływność w przydzielonym limicie pamięci.



Ilustracja 3.1 Stosując metodę ABR, można uzyskać wyższą jakość obrazu podczas chwilowych skoków przepływności dzięki oszczędnościom wygenerowanym we wcześniejszych okresach z mniejszą ilością ruchu. Założona przepływność musi zostać osiągnięta w postaci średniej wartości w całym wyznaczonym okresie.

Algorytm ABR oblicza przybliżone wartości na podstawie historii przepływności bitowej i automatycznie dostosowuje stopień kompresji do docelowej ilości pamięci masowej. Stopień kompresji (określany przez parametr kwantyzacji QP) ma bezpośredni wpływ na jakość obrazu, ale jeśli zostanie ustawiony z uwzględnieniem rzeczywistych warunków, algorytm ABR będzie mógł optymalizować jakość i zmieścić materiał wizyjny w ustawionym limicie pamięci masowej.

Metoda ABR jest konfigurowana dla każdego strumienia wideo. Historia przepływności bitowej jest unikalna dla konfiguracji każdego strumienia i obejmuje taki sam zestaw parametrów. Tymczasowe odłączenie strumienia lub ponowne uruchomienie kamery nie powoduje przerwania działania algorytmu.

Metoda ABR może być używana w przypadku wszystkich rodzajów zastosowań i systemów rejestrujących strumień wideo w trybie ciągłym bez zaplanowanych przerw.

3.2 Konfiguracja metody ABR

Skonfigurowanie metody ABR ze zbyt niskim limitem przepustowości spowoduje wygenerowanie przez kontroler zdarzeń informujących o nadmiernym obniżeniu przepływności w systemie kamery. Zdarzenia te można monitorować w dowolnym oprogramowaniu służącym do zarządzania systemem, które rejestruje zdarzenia z kamer i generuje powiadomienia dla właściciela systemu. Interfejs użytkownika kamery posiada wbudowany kalkulator przepływności, który ułatwia wykonanie konfiguracji. Najbardziej bezpieczne i dokładne wartości szacunkowe dostarcza dostępne online narzędzie AXIS Site Designer, które oblicza ustawienia zoptymalizowane pod kątem kamery i konkretnego zastosowania.

Można skonfigurować następujące ustawienia:

- retention time (czas przechowywania)
- storage or target bitrate (przepływność zapisu lub docelowa) (kalkulator przelicza te wartości)
- maximum bitrate (maksymalna przepływność bitowa) (ustawienie opcjonalne, można go użyć w celu połączenia średniej przepływności bitowej z limitem przepływności)

The screenshot shows a configuration interface with the following fields and values:

- H.264 profile: High (dropdown)
- Storage: 1080 GB
- Bitrate control: Average (dropdown)
- Maximum bitrate: ☒ (toggle)
- Target bitrate: 5000 [0..50000] kbit/s (input with range)
- Bitrate limit: 10000 (0 = ∞) kbit/s (input)
- Retention time: 20 days (input)

Ilustracja 3.2 Interfejs użytkownika konfiguracji kamery z kalkulatorem przepływności bitowej i opcją umożliwiającą dodanie limitu MBR.

Nowy interfejs programowania aplikacji VAPIS API dla konfiguracji ABR umożliwia wszystkim producentom systemów do zarządzania materiałem wizyjnym (VMS) implementację konfiguracji ABR bezpośrednio w systemie VMS. Ograniczeniami pamięci masowej najlepiej zarządza się z centralnego punktu w systemie, w którym można kontrolować całość dostępnej pamięci masowej. Narzędzie AXIS Device Manager obsługuje również automatyczną i skoordynowaną konfigurację ABR wielu kamer.

3.3 Metoda ABR i technologia Zipstream

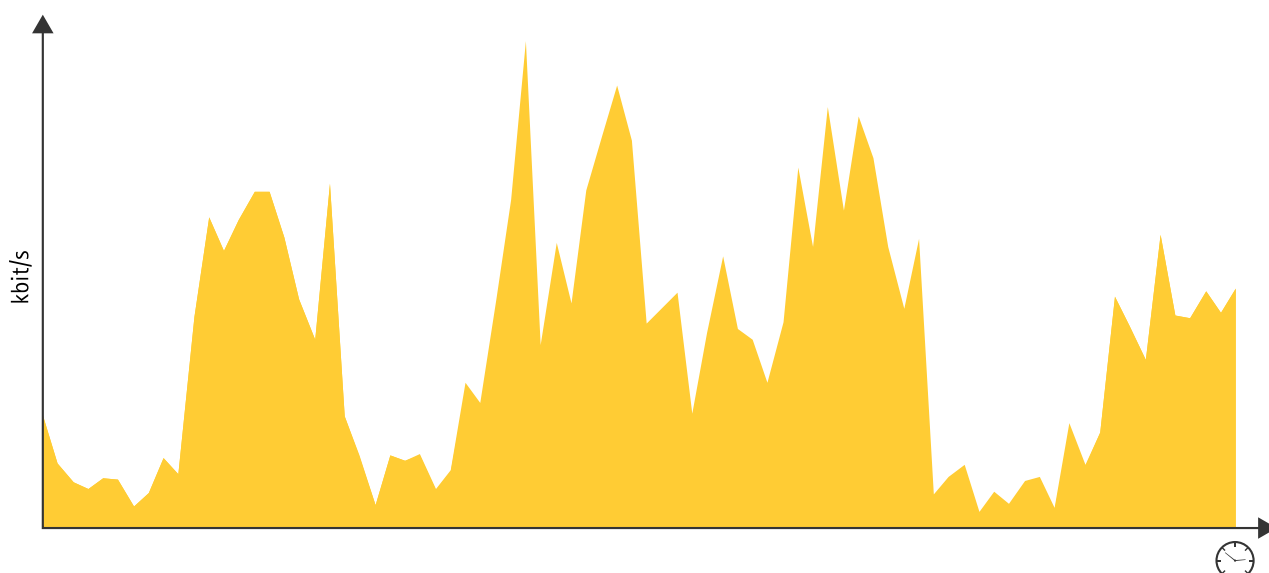
Metoda ABR doskonale współdziała z technologią Axis Zipstream i nie wpływa na optymalizację Zipstream i poziom Zipstream. Algorytm Zipstream w dalszym ciągu zmniejsza zapotrzebowanie na przepustowość w mniej istotnych obszarach obrazu. Metoda ABR pozwala na wykorzystanie tych oszczędności w przyszłości w przypadku wystąpienia w scenie chwilowych skoków zapotrzebowania na przepustowość. Oszczędności wygenerowane przez dynamiczną poklatkowość (FPS) i dynamiczną grupę obrazów (GOP) można wykorzystać później w celu zapewnienia większej przydatności materiału przy pracach wyjaśniających.

3.4 Produkty obsługujące metodę ABR

Metoda ABR jest obsługiwana przez produkty Axis wyposażone w procesor ARTPEC-5, ARTPEC-6, ARTPEC-7 lub ARTPEC-8 i oprogramowanie w wersji 9.40 lub nowsze.

4 Zmienna przepływność bitowa (VBR)

VBR to najprostsza metoda kontroli przepływności. Oferuje stałą, wysoką jakość materiału wideo, lecz jej główną wadą jest trudne do przewidzenia zapotrzebowanie na pamięć masową. Powodem jest fakt, że ruch i inne zdarzenia w rejestrowanym obrazie mogą znacznie zwiększyć wielkość strumienia wideo i przepływność bitową, dlatego w systemie wykorzystującym metodę VBR należy zapewnić stosunkowo duży zapas pamięci masowej na tego typu zdarzenia.



Ilustracja 4.1 Gdy stosowana jest metoda VBR, przepływność bitowa może się zmieniać, co daje w efekcie wysoką jakość obrazu, ale uniemożliwia określenie zapotrzebowania na pamięć masową.

5 Maksymalna przepływność bitowa (MBR)

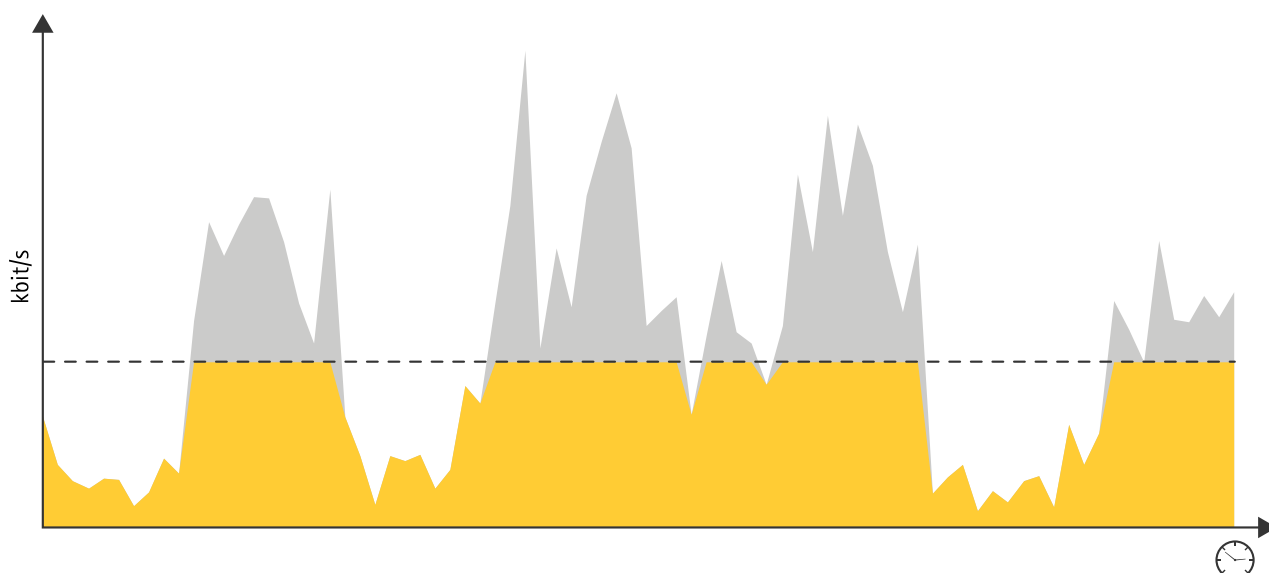
Metoda MBR gwarantuje utrzymanie przepływności bitowej poniżej ustawionej wartości niezależnie od stopnia złożoności sceny. Gdy przepływność przekroczy limit, metoda MBR utrzyma ją na niskim poziomie, zwiększając stopień kompresji. Odbywa się to bez uwzględniania wpływu na jakość obrazu, która zwykle ulega obniżeniu. Im większa różnica między rzeczywistą przepływnością bitową a limitem, tym większe ryzyko utraty szczegółów istotnych przy prowadzeniu prac wyjaśniających ze względu na wyższy stopień kompresji.

Należy pamiętać, że metoda MBR umożliwia chwilowe przekroczenie limitu. Niemniej jednak średnia wartość przepływności w czasie jest utrzymywana poniżej limitu.

Metoda MBR jest szeroko stosowana w urządzeniach dozoru wizyjnego. Niestety limit przepływności bitowej jest często ustawiany na bardzo niską wartość domyślną, co uniemożliwia uzyskanie optymalnej jakości materiału wizyjnego w złożonych scenach. Ponadto większość narzędzi służących do obliczania potrzebnej pamięci masowej wykorzystuje w obliczeniach niski limit MBR, w związku z czym konsultanci ds. systemów dozoru i integratorzy projektujący systemy dozoru wizyjnego za pomocą tych narzędzi mogą tworzyć systemy z pamięcią masową niewystarczającą do rejestracji wysokiej jakości obrazu wideo.

Głównym celem algorytmu MBR nie jest zmniejszenie zapotrzebowania na pamięć masową, lecz uniknięcie utraty dużej ilości danych. Przy starannie dobranym limicie przepływności metoda MBR może skutecznie chronić system przed niepotrzebnymi skokami przepływności i zapobiegać utracie danych powodowanej przez ograniczoną pamięć masową lub niską jakość połączenia sieciowego.

Algorytm MBR stosowany w produktach Axis był wcześniej nazywany CBR (stała przepływność bitowa). Szczegółowe informacje o metodzie CBR podano w dodatku.



Ilustracja 5.1 Metoda MBR, w tym przypadku z nisko ustawionym limitem przepływności bitowej. Zapotrzebowanie na pamięć masową będzie łatwe do przewidzenia, ale w złożonych scenach może nastąpić utrata dużej ilości danych.

6 Informacje o kontroli przepływności bitowej: działanie i ograniczenia

Dla każdej metody kontroli przepływności dostępne są określone ustawienia wpływające na poziom przepływności. Niektóre części konfiguracji mogą być skomplikowane i sprawiać wrażenie mało logicznych – jest to spowodowane uwarunkowaniami związanymi z historią interfejsu API firmy Axis, starszymi implementacjami oraz koniecznością zapewnienia wstecznej kompatybilności dla istniejących aplikacji partnerów. Na przepływność bitową mają wpływ także inne, bardziej ogólne parametry obrazu, takie jak poklatkowość, rozdzielczość, ustawienia WDR i parametry kamery. Na końcu tego rozdziału opisano kroki, które pozwalają zoptymalizować przepływność bitową materiału wizyjnego z kamery w celu uzyskania najlepszej jakości obrazu.

W kolejnych punktach posługujemy się terminem „scena o małym stopniu złożoności” w celu opisanego sceny, która zawiera mało ruchu lub nie zawiera go wcale. Scena o dużym stopniu złożoności zwykle zawiera dużo ruchu przebiegającego w różnych kierunkach, ale może być również sceną statyczną rejestrowaną przez kamerę PTZ (z funkcją obrotu/pochylenia/zbliżenia), która przemieszcza się w nowe położenie.

6.1 ABR

6.1.1 Sceny i ustawienia

Głównym celem metody ABR nie jest zmniejszenie zapotrzebowania na przepustowość, lecz poprawa jakości materiału wizyjnego przy jednoczesnym unikaniu przekroczenia limitów pamięci masowej danego systemu. Metoda ta jest stosowana w przypadku strumieni wideo rejestrowanych w trybie ciągłym bez zaplanowanych przerw. Jest implementowana jako algorytm MBR z automatyczną regulacją parametrów pozwalający osiągnąć założoną przepływność w postaci średniej wartości w całym okresie.

W celu uzyskania odpowiedniej równowagi między jakością i przepływnością bitową algorytm ABR wymaga okresu 24 godzin z typową zmiennością sceny. Metoda ABR nie usuwa i nie zapisuje żadnych nagrań, lecz jedynie kontroluje skonfigurowaną ilość pamięci masowej, dlatego bardzo ważne jest, aby ustawienia urządzenia rejestrującego odpowiadały tej konfiguracji.

Scena o małym stopniu złożoności generuje strumień o niskiej przepływności bitowej, ale gdy tylko jej złożoność wzrośnie, przepływność również ulegnie zwiększeniu.

Scena o dużym stopniu złożoności generuje strumień o wysokiej przepływności bitowej. Jeśli jednak kontroler oszacuje, że długookresowy cel dotyczący pamięci masowej może być zagrożony, znacznie obniży jakość obrazu, a w ostateczności może nawet zredukować poklatkowość. Dozwolone jest chwilowe przekroczenie limitu, a zaoszczędzoną przepływność bitową można wykorzystać do zachowania ważnych danych w późniejszym okresie, jeśli pozwoli na to przydzielony limit pamięci. Połączenie metody ABR z rozsądnym limitem MBR zapobiegnie w ekstremalnych warunkach sceny przeciążeniu słabego urządzenia rejestrującego, odtwarzacza wideo lub sieci. W ekstremalnych przypadkach limit pamięci masowej może zostać przekroczony, ale taka sytuacja powinna mieć miejsce jedynie wówczas, gdy wybrano pamięć masową lub docelową przepływność bitową bez uwzględnienia rzeczywistych warunków. Patrz sekcja dotycząca zdarzeń poniżej.

Ustawienia mające wpływ na metodę ABR:

- Stopień kompresji określa jakość wymaganą dla danego materiału wizyjnego. Niższy stopień kompresji zapewnia wyższą jakość obrazu, ale generuje również wyższą przepływność bitową. Wyższy stopień kompresji przekłada się na niższą przepływność, ale także na niższą jakość materiału wizyjnego.
- Czas przechowywania określa długość okresu (w dniach), przez który mają być przechowywane nagrania.
- Maksymalną długość okresu wyznacza ilość pamięci masowej lub docelowa przepływność bitowa. Kalkulator automatycznie przelicza obie te wartości.
- Maksymalna przepływność bitowa ustawia opcjonalny (wyższy) limit, który będzie stosowany dodatkowo do limitu średniej przepływności bitowej w celu uniknięcia przeciążenia łącza sieciowego lub urządzenia rejestrującego.
- Długość GOP umożliwia ustawienie długości grupy obrazów (Group of Pictures – GOP) używanej dla danego materiału wideo. Mniejsza długość GOP powoduje częstsze generowanie ramek kluczowych, skutkując wyższą przepływnością bitową. Większa długość GOP generuje mniej ramek kluczowych, skutkując niższą przepływnością bitową. Jeśli długość GOP jest zbyt duża, funkcja wyszukiwania informacji w zarejestrowanym materiale wizyjnym jest bardziej złożona, ponieważ w celu wygenerowania ramek P musi porównać je z poprzedzającą je ramką kluczową. Ponadto w przypadku utraty danych w obrazie pozostaną artefakty, ponieważ w pełni aktualizowane są tylko ramki kluczowe.

6.1.2 Zdarzenia ABR

Jeśli jakość strumienia jest niższa od oczekiwanej, metoda ABR może wygenerować zdarzenie, aby ostrzec operatora. Mechanizm ten można wykorzystać w charakterze wyzwalacza zdarzeń w graficznym interfejsie użytkownika obsługiwany w przeglądarce (opcja „Average bitrate degradation” – pogorszenie średniej przepływności bitowej) i jest on również dostępny w strumieniu zdarzeń. Używając strumienia zdarzeń można rozróżnić kilka rodzajów przypadków:

- `low_bitrate` (niska przepływność) – zbyt duży bilans ABR (średniej przepływności)
Przepływność jest znacznie niższa, niż oczekiwano, co oznacza, że nie cała pamięć masowa zostanie wykorzystana.
- `low_quality` (niska jakość) – oczekuje się, że jakość strumienia ABR będzie niska
Jakość obrazu została skorygowana bardziej, niż oczekiwano i nie spełni standardów Axis.
- `very_low_quality` (bardzo niska jakość) – oczekuje się, że jakość strumienia ABR będzie niewystarczająca
To samo co `low_quality`, ale z jakością obniżoną znacznie bardziej, niż oczekiwano, jakość obrazu będzie niewystarczająca.
- `high_bitrate` (wysoka przepływność) – ABR nie spełnia celu, pojemność pamięci masowej będzie niewystarczająca
Przepływność jest wyższa, niż oczekiwano i zajęta zostanie większa pojemność pamięci masowej, niż oczekiwano.
- `abr_error` (błąd ABR) – ogólne zdarzenie ABR (takie samo jak w graficznym interfejsie użytkownika obsługiwany w przeglądarce), oznaczające, że jeden z parametrów `low_quality`, `very_low_quality` lub `high_bitrate` ma wartość `true`.

Aby można było odebrać zdarzenie, oprogramowanie rejestrujące (oprogramowanie do zarządzania materiałem wizyjnym – VMS) musi być skonfigurowane pod kątem metody ABR i być w stanie prawidłowo odbierać, przetwarzać i wyświetlać zdarzenia.

Więcej informacji o metodzie ABR można znaleźć w dokumentacji VAPIX dostępnej u partnerów Axis ADP i członków Axis Developer Community (należy zalogować się na stronie www.axis.com/partners/adp-partnerprogram lub www.axis.com/developer-community).

6.2 VBR – scena i ustawienia

Kamery sieciowe Axis są zgodne ze standardem H.264, poziom 4.1, dla którego maksymalna dozwolona przepływność bitowa wynosi 50 Mbit/s. Oznacza to konieczność ograniczenia przepływności do 50 Mbit/s nawet w trybie VBR w celu zapewnienia zgodności z innymi systemami. Może to skutkować obniżeniem jakości i/lub poklatkowości w filmach, w których przepływność bez ograniczenia przekroczyłaby 50 Mbit/s.

Scena o małym stopniu złożoności generuje strumień o niskiej przepływności bitowej, ale gdy tylko jej złożoność wzrośnie, przepływność również ulegnie zwiększeniu.

Scena o dużym stopniu złożoności generuje strumień o wysokiej przepływności bitowej. W ekstremalnych warunkach wysoka przepływność może spowodować przeciążenie słabego urządzenia rejestrującego, odtwarzacza wideo lub sieci. W przypadku infrastruktury o niewystarczającej wydajności nastąpi utrata pakietów, uszkodzenie ramek wideo lub zatrzymanie strumienia.

Ustawienia mające wpływ na metodę VBR:

- Stopień kompresji określa jakość wymaganą dla danego materiału wizyjnego. Niższy stopień kompresji zapewnia wyższą jakość obrazu, ale generuje również wyższą przepływność bitową. Wyższy stopień kompresji przekłada się na niższą przepływność, ale także na niższą jakość materiału wizyjnego.
- Długość GOP umożliwia ustawienie długości grupy obrazów (Group of Pictures – GOP) używanej dla danego materiału wideo. Mniejsza długość GOP powoduje częstsze generowanie ramek kluczowych, skutkując wyższą przepływnością bitową. Większa długość GOP generuje mniej ramek kluczowych, skutkując niższą przepływnością bitową. Jeśli długość GOP jest zbyt duża, funkcja wyszukiwania informacji w zarejestrowanym materiale wizyjnym jest bardziej złożona, ponieważ w celu wygenerowania ramek P musi porównać je z poprzedzającą je ramką kluczową. Ponadto w przypadku utraty danych w obrazie pozostaną artefakty, ponieważ w pełni aktualizowane są tylko ramki kluczowe.

6.3 MBR – scena i ustawienia

Maksymalna przepływność bitowa została opracowana z myślą o utrzymaniu wykorzystania pasma dla danego strumienia wideo poniżej wybranego limitu przepływności. W przypadku prawidłowego wykonania konfiguracji z uwzględnieniem rzeczywistych ograniczeń, wykorzystanie pasma utrzyma się poniżej tego limitu zarówno w krótkim, jak i dłuższym okresie. Faktyczne wartości przepływności mogą być znacznie niższe od limitu, ponieważ w kamerach Axis nie jest stosowane wstawianie dodatkowych bitów (bit-padding).

Algorytm MBR szybko reaguje na zmiany w scenie, aby w jak największym stopniu ograniczyć skoki przepływności bitowej. Niemniej jednak ze względu na fakt, że celem metody MBR jest dostarczenie wysokiej jakości strumienia dekodernom programowym akceptującym krótkotrwałe skoki przepływności, dozwolone są chwilowe przekroczenia limitu pozwalające zapobiegać niepotrzebnym spadkom jakości.

Należy również pamiętać, że występuje przesunięcie czasowe między zmierzoną wartością przepływności bitowej widoczną na nakładce a przepływnością, którą w danej chwili przetwarza kontroler. Jeśli te dwie wartości się różnią, kontroler przepływności może w pewnych przypadkach wymusić pomijanie ramek. Kontroler przepływności bitowej kontroluje zarówno przepływność długookresową, jak i chwilową, dlatego nie da się wyjaśnić wszystkich przypadków obniżenia jakości lub poklatkowości samą nakładką.

W przypadku scen o małym stopniu złożoności przepływność bitowa jest niska. Jeżeli stopień złożoności jest bardzo niewielki, przepływność bitowa może być znacznie niższa od wybranego limitu. Zwiększenie stopnia złożoności spowoduje pogorszenie jakości obrazu. Krótkotrwałe przekroczenia limitu będą bardzo ograniczone.

W przypadku scen o dużym stopniu złożoności jakość obrazu ulegnie pogorszeniu, a poklatkowość zostanie w razie potrzeby zmniejszona. Częste zmiany w scenie mogą skutkować kilkukrotnym niewielkim przekroczeniem limitu (w amplitudzie i czasie), dlatego w celu minimalizacji skoków przepływności mogą być pomijane niektóre klatki.

Parametry mające wpływ na metodę MBR:

- Stopień kompresji określa najlepszą możliwą jakość dla danego materiału wizyjnego. Niższy stopień kompresji zapewnia wyższą jakość obrazu, ale generuje również wyższą przepływność bitową. Wyższy stopień kompresji przekłada się na niższą przepływność i niższą jakość materiału wizyjnego, a przepływność może być niższa od wartości docelowej.
- Docelowa przepływność bitowa określa maksymalną wartość docelową (kbit/s).
- Długość GOP umożliwia ustawienie długości grupy obrazów (Group of Pictures – GOP) używanej dla danego materiału wideo. Mniejsza długość GOP powoduje częstsze generowanie ramek kluczowych, skutkując wyższą przepływnością bitową. Większa długość GOP generuje mniej ramek kluczowych, skutkując niższą przepływnością bitową. Jeśli długość GOP jest zbyt duża, funkcja wyszukiwania informacji w zarejestrowanym materiale wizyjnym jest bardziej złożona, ponieważ w celu wygenerowania ramek P musi porównać je z poprzedzającą je ramką kluczową. Ponadto w przypadku utraty danych w obrazie pozostaną artefakty, ponieważ w pełni aktualizowane są tylko ramki kluczowe.

Ustawienie priorytetu umożliwia wybór jednego z priorytetów dla kontrolera przepływności bitowej: None (Brak), Quality (Jakość) lub Frame Rate (Poklatkowość). Powoduje to ponowne skonfigurowanie niektórych parametrów wewnętrznych kontrolera przepływności. Wybranie ustawienia Quality (Jakość) zapewnia każdorazowo najwyższą jakość obrazu, najczęściej kosztem poklatkowości. Wybranie ustawienia Frame Rate (Poklatkowość) może skutkować niższą jakością obrazu, ponieważ priorytetem jest szybkość klatek.

7 Ustawienia wideo mające wpływ na przepływność bitową

W poniższej tabeli przedstawiono parametry i opcje, które można zmienić, aby wpłynąć na poziom przepływności bitowej materiału wideo.

Tabela 7.1 *Parametry wideo i opcje.*

1. Koder-dekoder	W systemie do zarządzania materiałem wizyjnym (VMS) wybierz wideoenkoder H.264 lub H.265 (lub MJPEG).
	Włącz Zipstream Skonfiguruj ustawienie Zipstream: Średni Włącz Dynamic GOP (o ile jest obsługiwane przez VMS) Włącz Dynamic FPS (o ile jest obsługiwane przez VMS)
2. Rozdzielczość wideo	W systemie VMS wybierz rozdzielczość wideo:
	High Definition (720p)
	Full High Definition (1080p)
	4K lub wyższa
3. Liczba klatek przesyłanych w ciągu zadanej jednostki czasu	W systemie VMS wybierz poklatkowość (liczbę klatek na sekundę).
4. Stopień kompresji	25: jakość wyższa od standardowej kompresji Axis
	30: Standardowa kompresja Axis
	35: jakość niższa od standardowej kompresji Axis
5. Tryb kontrolera przepływności bitowej	ABR (w razie potrzeby z limitem MBR)
	MBR
	VBR

6. Długość grupy obrazów (GOP)	Określa liczbę ramek P między każdą ramką kluczową. Większa długość GOP zmniejsza zapotrzebowanie na pamięć masową, ale spowalnia losowy dostęp do materiału wizyjnego.
7. Parametry obrazu	Skonfiguruj ustawienia obrazu mające wpływ na przepływność bitową: WDR, Local contrast (Kontrast lokalny), Tone mapping (Mapowanie tonalne), EIS, Saturation (Nasycenie), Sharpness (Ostrość), Contrast (Kontrast) itd.
8. Parametry trybu nocnego	Dostosuj parametry trybu nocnego, aby ograniczyć poziom szumu w nocy: Max shutter (Maks. migawka), Max gain (Maks. wzmacnienie), ... Produkty z technologią Lightfinder 2 regulują redukcję szumów: Temporal noise filter (Czasowa redukcja szumów), Spatial noise filter (Przestrzenna redukcja szumów).
9. Oświetlenie/widok sceny	Dodaj oświetlenie w nocy lub zmień kompozycję sceny poprzez zoomowanie lub przesunięcie kamery, aby nie rejestrować w materiale wideo nadmiernie złożonych obiektów. Użyj masek prywatności, aby zasłonić obszary niebędące przedmiotem zainteresowania lub w których występuje ruch.

8 Porównanie metod kontroli przepływności bitowej

W poniższej tabeli przedstawiono porównanie metod kontroli przepływności bitowej opisujące ich wpływ na jakość materiału wideo i zapotrzebowanie na pamięć masową, a także wymagania związane z konfiguracją i konserwacją oraz dostępność powiadomień.

Tabela 8.1 Porównanie metod kontroli przepływności bitowej.

Metoda	Przechowywanie	Jakość	Wymagania dot. konfiguracji	Wymagania dot. konserwacji	Automatyczne powiadomienia
VBR	-	+++	Brak	Monitorowanie pamięci masowej, może być automatyczne	Z pamięci masowej
MBR	+	Nieprzewidywalne	Niski	Jakość obrazu, czynność ręczna	Niedostępne
CBR	+	Nieprzewidywalne	Niski	Jakość obrazu, czynność ręczna	Niedostępne
ABR	++	++	Średni	Pogorszenie przepływności, może generować ostrzeżenie	Pogorszenie przepływności
ABR + MBR	++ (+++)	++	Średni	Nieprzewidywalne	Pogorszenie przepływności

Jeśli nie występują żadne ograniczenia w zakresie pamięci masowej, sieci i systemu do zarządzania materiałem wizyjnym (VMS), metoda VBR zapewnia najwyższą jakość obrazu wideo. W systemach o ograniczonej wydajności możliwe jest utrzymanie wysokiej jakości materiału wizyjnego, pod warunkiem, że zostanie starannie dobrany

poziom kompresji oraz wysoki limit przepływności bitowej MBR. Niemniej jednak w większości przypadków najlepszym rozwiązaniem jest metoda ABR z ustawionym limitem MBR. Taka kombinacja może zapewnić optymalną jakość materiału wideo także w zmieniających się warunkach sceny, a jeśli limit MBR jest wystarczająco wysoki, nadmierne obniżenie przepływności bitowej spowoduje wygenerowanie powiadomienia.

9 Dodatek 1: Stała przepływność bitowa (CBR)

Metoda kontroli przepływności bitowej CBR ma na celu utrzymanie stałej przepływności materiału wideo generowanego przez enkoder. Przepływność bitowa nie zmienia się w czasie i musi pozostać na takim samym poziomie niezależnie od tego, jakie zmiany występują w rejestrowanym materiale. Metoda CBR sprawdza się przy przesyłaniu strumieniowym treści multimedialnych kanałami o stałej przepustowości, np. w przypadku nośników obrotowych. Opracowano ją z myślą o branży konsumenckich produktów wideo w celu zapewnienia ciągłości odtwarzania.

Metoda CBR nie jest optymalna z punktu widzenia zapotrzebowania na pamięć masową, ponieważ zawiera dodatkowe dane uzupełniające, które nie podnoszą jakości obrazu. Jeśli materiał wizyjny nie jest na tyle złożony, by możliwe było utrzymanie docelowej przepływności bitowej, enkoder wypełnia niewykorzystane miejsce, wstawiając dodatkowe puste bity (bit-padding), które nie mają wpływu na obraz.

Metoda CBR może powodować duże, krótkotrwałe wahania jakości w czasie, gdy kontroler przepływności bitowej dostosowuje parametry do nowej sceny.

W przypadku scen o małym stopniu złożoności przepływność bitowa zostaje utrzymana na poziomie wartości docelowej poprzez wstawianie pustych bitów. Zwiększenie stopnia złożoności spowoduje pogorszenie jakości obrazu. Krótkotrwałe przekroczenia limitu będą bardzo ograniczone.

W przypadku scen o dużym stopniu złożoności jakość obrazu ulegnie pogorszeniu, a poklatkowość zostanie w razie potrzeby zmniejszona. Częste zmiany w scenie mogą skutkować kilkukrotnym przekroczeniem limitu (dużym w amplitudzie, lecz niewielkim w czasie), dlatego w celu minimalizacji skoków przepływności mogą być pomijane niektóre klatki.

Parametry mające wpływ na metodę CBR:

- Stopień kompresji określa najlepszą możliwą jakość dla danego materiału wizyjnego. Niższy stopień kompresji zapewnia wyższą jakość obrazu, ale generuje również wyższą przepływność bitową. Wyższy stopień kompresji przekłada się na niższą przepływność, ale także na niższą jakość materiału wizyjnego.
- Docelowa przepływność bitowa określa wartość docelową (kbit/s).
- Długość GOP umożliwia ustawienie długości grupy obrazów (Group of Pictures – GOP) używanej dla danego materiału wideo. Mniejsza długość GOP powoduje częstsze generowanie ramek kluczowych, skutkując wyższą przepływnością bitową. Większa długość GOP generuje mniej ramek kluczowych, skutkując niższą przepływnością bitową. Jeśli długość GOP jest zbyt duża, funkcja wyszukiwania informacji w zarejestrowanym materiale wizyjnym jest bardziej złożona, ponieważ w celu wygenerowania ramek P musi porównać je z poprzedzającą je ramką kluczową. Ponadto w przypadku utraty danych w obrazie pozostaną artefakty, ponieważ w pełni aktualizowane są tylko ramki kluczowe.
- Ustawienie priorytetu umożliwia wybór jednego z priorytetów dla kontrolera przepływności bitowej: None (Brak), Quality (Jakość) lub Frame Rate (Poklatkowość). Powoduje to ponowne skonfigurowanie niektórych parametrów wewnętrznych kontrolera przepływności. Wybranie ustawienia Quality (Jakość) zapewnia każdorazowo najwyższą jakość obrazu, najczęściej kosztem poklatkowości. Wybranie ustawienia Frame Rate (Poklatkowość) może skutkować niższą jakością obrazu, ponieważ priorytetem jest szybkość klatek.

Produkty Axis nie wykorzystują metody CBR, ponieważ nie jest w nich stosowane wstawianie dodatkowych bitów. Najbardziej zbliżoną do CBR metodą dostępną w produktach Axis jest MBR, która nie zapisuje niepotrzebnych pustych bitów. W przypadku metody MBR przepływność bitowa może natomiast spaść poniżej wartości docelowej w scenach o małym stopniu złożoności.

O firmie Axis Communications

Axis wspiera rozwój inteligentnego oraz bezpiecznego świata przez poprawę bezpieczeństwa, ochrony, efektywności działania i wiedzy biznesowej. Jako firma zajmująca się technologiami sieciowymi oraz lider branży, Axis oferuje rozwiązania z zakresu dozoru wizyjnego, kontroli dostępu, systemów domofonowych i systemów audio. Ich rozszerzeniem i uzupełnieniem są inteligentne aplikacje analityczne oraz wysokiej jakości szkolenia.

Axis zatrudnia około 5000 pracowników w ponad 50 krajach oraz współpracuje z partnerami z obszaru technologii i integracji systemów na całym świecie w celu dostarczania swoich rozwiązań klientom. Firma została założona w 1984 roku i ma swoją siedzibę w Lund w Szwecji.