

Повышение эффективности системы интервального регулирования движения поездов с помощью системы интеллектуального видеонаблюдения

***Журавлева Любовь Михайловна** – доцент, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Москва, Россия.*

***Богачев Александр Петрович** – ст. преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Москва, Россия.*

***Журавлёв Олег Евгеньевич** – ассистент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», Москва, Россия.*

***Яцкинский Никита Владимирович** – инженер путей сообщения, МИИТ, Москва, Россия.*

Актуальность темы

Повышение безопасности движения поездов – главная задача, стоящая перед разными подразделениями железнодорожного транспорта (управления движением поездов; локомотивного, вагонного, путевого хозяйств; систем сигнализации и блокировки и т.д.)

Основным критерием оценки эффективности повышения безопасности является снижение вероятности возникновения аварийной ситуации. Этот параметр является результатом произведения большого числа вероятностей: отказа техники, обрыва линий связи, ошибок диспетчера и машиниста, стихийных бедствий (оползней, камнепадов, селей), злонамеренных действий и других негативных событий. По статистике наибольшая угроза безопасности движения поездов исходит от ошибок технического персонала, сбоев в работе систем сигнализации и блокировки и других непредвиденных

обстоятельств в виде застрявших автомобилей на переездах или других препятствий на железнодорожных путях [1].

Главным условием предотвращения аварий на железных дорогах является эффективная работа систем управления скоростью движения поездов, среди которых наибольший интерес представляет СИРДП-Е – система интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала. Внедрение СИРДП-Е совместно с системой интеллектуального видеонаблюдения позволит значительно повысить эффективность управления движением поездов за счет возможности обнаружения и предотвращения дорожно-транспортных происшествий на переездах, аварий на участках со сложным рельефом (особенно в условиях плохой видимости), опасных ситуаций в случае террористических угроз взрывов в тоннелях, на мостах и других охраняемых объектах.

Назначение системы СИРДП-Е

Система интервального регулирования движения поездов на базе радиоканала направлена на повышение эффективности работы железнодорожного транспорта за счет увеличения пропускной способности линий, сокращения эксплуатационных расходов, снижения энерго- и ресурсопотребления, а также уменьшения износа пути и подвижного состава [2].

Среди наиболее важных результатов внедрения системы СИРДП-Е, непосредственно касающихся безопасности и эффективности управления движением поездов, можно отметить следующие:

- 1) существенное повышение пропускной способности, которое достигается за счет применения подвижных блок-участков, позволяющих сократить интервал попутного следования на перегоне до 1,5 минуты;
- 2) повышение безопасности движения поездов путём снижения ошибок со стороны обслуживающего персонала при выполнении маневровых работ;

3) сокращение дежурных по станциям в эксплуатационном штате за счет внедрения диспетчерского управления всей линией;

4) увеличение надежности и коэффициента готовности системы, выраженное в горячем резервировании основных элементов системы – в случае выхода из строя основных средств управления система переходит в защитное состояние с безопасным контролем занятия и освобождения поездом перегона;

5) снижение времени поиска и устранения неисправностей за счёт широкого набора средств диагностики и контроля состояния системы.

Однако, обнаружить посторонние объекты на опасных участках железнодорожных путей (переездах; скоростных участках со сложным рельефом, с повышенной вероятностью камнепадов, оползней и т.д.) и предотвратить аварию СИРДП-Е не имеет возможности. Чтобы «увидеть» и оценить степень опасности описанных выше ситуаций необходимо внедрять системы интеллектуального видеонаблюдения, которые функционировали бы совместно с СИРДП-Е.

Классификация систем интеллектуального видеонаблюдения

Автоматизированные системы видеонаблюдения являются одной из ключевых составляющих современных комплексных систем безопасности [3]. Задача видеонаблюдения заключается в визуальном контроле заданной области пространства при помощи одной или нескольких видеокамер с возможностью хранения видеоданных на удалённых носителях, а также в оценке состоянии контролируемой территории, выделяя, так называемые, «тревожные события», заключающиеся в тех или иных изменениях наблюдаемой обстановки.

Исторически основными функциями систем видеонаблюдения являются вывод информации в непрерывном режиме на пункт контроля и запись в архив. Современные же системы видеонаблюдения используют

видеоаналитику - аппаратно-программное обеспечение, которое на основе методов компьютерного зрения способно производить анализ видеопотока.

Видеоаналитика опирается на алгоритмы обработки изображения и распознавания образов, позволяющие анализировать видео без прямого участия человека, обнаруживать признаки опасности и формировать тревожные сигналы, которые передаются на пульт управления, а также записываются в видеоархив [3]. Так, при обнаружении движущегося объекта система видеонаблюдения анализирует все пиксели кадра, полученные с видеокамеры, сравнивая их с опорными (исходными) кадрами на основании определенного набора критериев (оставленный без присмотра багаж, пересечение границы объекта, например, края платформы, несанкционированный проход на железнодорожные пути и т.д.).

В зависимости от целей видеоаналитика может реализовать одну или несколько функций:

- 1) обнаружение объектов с помощью видеодетекторов движения;
- 2) слежение за объектом с помощью нескольких видеокамер и специальных алгоритмов обработки сигналов на видеосerverе;
- 3) классификация объектов на основании признаков формы и размеров;
- 4) идентификация объектов (например, людей по биометрическим признакам лица);
- 5) распознавание (обнаружение) тревожных ситуаций на основе анализа поведения объекта наблюдения.

Видеоаналитика может иметь следующие расширенные функции:

- 1) прогнозирование поведения объекта;
- 2) интеллектуальное сжатие видеоконтента (передается только видео, содержащее тревожные ситуации), что позволяет уменьшить нагрузку на канал связи и оператора видеонаблюдения, например, поездного диспетчера (ДНЦ), которое достигается ранжированием событий.

Видеоаналитика, реализующая функцию ранжирования, позволяет передавать оператору (ДНЦ) информацию только о важных событиях, не

отвлекая его внимание на второстепенные ситуации, или посылать тревожные сигналы на блок управления движением поездов в автоматическом режиме. Технология ранжирования заключается в следующем: видеопоток с камер всех объектов наблюдения передается на центральный видеосервер в ситуационном центре, где видеокадры обрабатываются с помощью нескольких детекторов (пересечения сигнальных линий, движения, оставленных предметов в зоне наблюдения) с учетом классификации объектов наблюдения по типу. Это позволяет снизить нагрузку на оператора, уменьшить объемы передаваемой информации по каналам связи и объемы памяти для хранения этой информации примерно в 10 раз [4]. Приоритет события может зависеть от различных признаков: от типа события, зоны наблюдения, точности распознавания, дальности объекта и т.д.

С точки зрения применения различают следующие типы видеоаналитики:

- 1) периметральная (охрана протяженных участков);
- 2) ситуационная (распознавание тревожных ситуаций, связанных с поведением людей, движением транспортных средств);
- 3) биометрическая (идентификация лиц);
- 4) бизнес-аналитика (управление организацией).

С точки зрения аппаратно-программной архитектуры, различают несколько типов систем видеоаналитики:

- 1) серверная - предполагает централизованную обработку видеоданных на центральном процессоре и непрерывную передачу видео от источника информации на сервер, что создает нагрузку на каналы связи и является существенным недостатком;
- 2) встроенная - реализуется в источнике видеоданных (видеокамере, кодере), работает на выделенном процессоре, передает данные об объекте вместе с видеопотоком на общий для всех камер сервер для видеоанализа и хранения, что снижает нагрузку на канал связи;

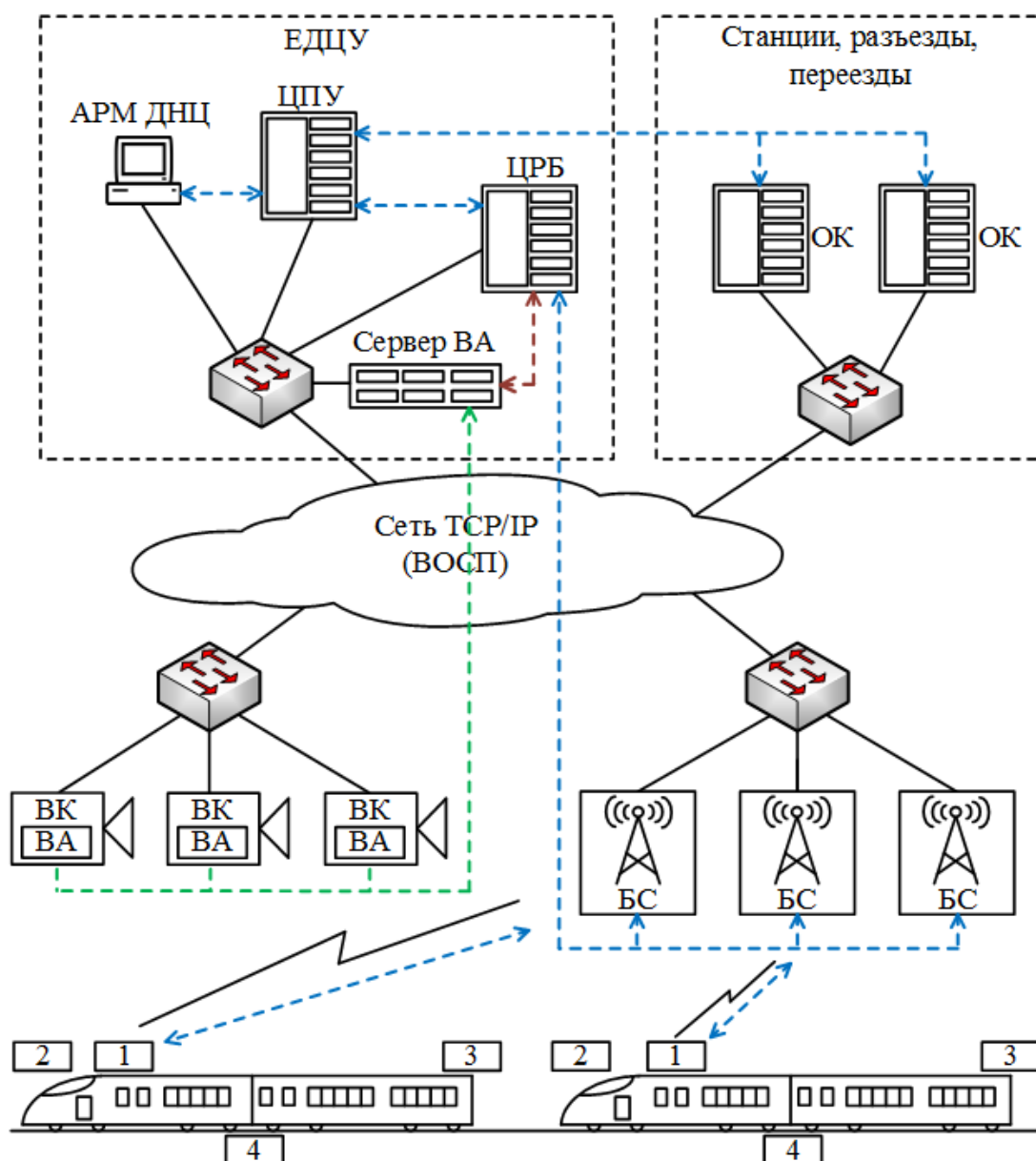
- 3) распределенная - реализуется как гибридный вариант серверной и встроенной видеоаналитики, в котором обнаружение объектов производится в источнике видео, сопоставление результатов от нескольких камер - на сервере, что позволяет повысить эффективность обнаружения и снизить вероятность ложных тревог.

Главным недостатком видеоаналитики является высокая частота ложных срабатываний. Эта проблема связана с помехами в работе видеокамер, вызванными плохими погодными условиями, наличием посторонних источников света (горящих фар автомобиля), а главное, большим уровнем цифрового шума. Снижение вероятности ложных тревог постепенно решается путем совершенствования алгоритмов видеоанализа.

Организация систем интеллектуального видеонаблюдения на железнодорожном транспорте совместно с СИРДП-Е

Систему интеллектуального видеонаблюдения за движением поездов можно построить с помощью сети TCP/IP (сети передачи данных), организованную на базе волоконно-оптической системы передачи (ВОСП), которая предназначена для организации оперативно-технологической связи и цифровой системы поездной радиосвязи (ПРС) стандартов TETRA, DMR, GSM-R.

Одна или несколько видеокамер (ВК) устанавливаются в местах повышенной опасности: на участках с оползнями, сложным рельефом, плохой видимостью, переездами, мостах, туннелями (на входе и выходе из него) и т.д. (рис. 1).



Условные обозначения:

- - функциональные связи элементов системы СИРДП-Е;
- - функциональные связи элементов системы интеллектуального видеонаблюдения;
- - интерфейс взаимодействия СИРДП-Е и системы интеллектуального видеонаблюдения;
- - физические проводные каналы связи;
- ⚡ - физические беспроводные каналы связи;
- ⌂ - коммутатор сети передачи данных.

Рис. 1. Схема взаимодействия СИРДП-Е и системы интеллектуального видеонаблюдения

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

- Сеть TCP/IP (ВОСП) – сеть передачи данных, организованная на базе волоконно-оптической системы передачи;
- БС – базовая станция;
- ЦРБ – центр радиоблокировки;
- ЦПУ – центральное процессорное устройство централизации;
- АРМ ДНЦ – автоматизированное рабочее место поездного диспетчера;
- ЕДЦУ – единый диспетчерский центр управления;
- ОК – объектный контроллер;
- ВА – видеоаналитика;
- ВК – видеокамера;
- Сервер ВА – сервер видеоаналитики;
- 1 – локомотивная радиостанция;
- 2 – бортовое процессорное оборудование;
- 3 – система контроля целостности поезда;
- 4 – пассивные реперные датчики (балисы).

Встроенная видеоаналитика (ВА), реализованная с помощью видеопроцессора камеры, автоматически формирует управляющий сигнал для начала и конца трансляции видеоизображения при обнаружении опасного объекта от ВК на сервер видеоаналитики (Сервер ВА), расположенный на станции управления дороги (ЕДЦУ). После чего на этот сервер передаётся видеоизображение объекта и метаданные с описанием содержания каждого кадра (местоположение, идентификация объекта, время, траектория, скорость движения и т.д.). В качестве каналов связи используется сеть передачи данных TCP/IP, организованная базе волоконно-оптической системы передачи, пропускная способность которой может достигать 40 Гбит/с на одной длине волны, предоставляя возможность

передавать видеопотоки с высоким качеством, что важно для распознавания опасных объектов и снижения ложных тревог.

В видеосервере осуществляется декодирование, сравнение изображения от нескольких камер, видеоанализ, индексирование, оценка степени опасности события, хранение информации и т.д. Затем информация передается в ЦРБ для системы СИРДП-Е, которая формирует команды управления движением поездов (скорости, экстренной остановки), параллельно сообщая поездному диспетчеру данные о возникшей опасной ситуации. В кабину машиниста будет передаваться информация о тревожных событиях и выводиться на дисплей в виде бегущей строки [2], как это показано на рис. 2.

Дисплей машиниста состоит из следующих основных областей: 1) области информации о скоростях; 2) области планирования; 3) области текстовых сообщений; 4) меню



Рис. 2. Дисплей машиниста

Организовать передачу видеоизображения с помощью поездной радиосвязи (ПРС) из ЦРБ невозможно из-за ограниченной полосы частот радиоканала. Видеоизображение тревожных событий можно передать с помощью специальной приемо-передающей аппаратуры непосредственно от

видеокамеры со встроенной видеоаналитикой на объекте наблюдения (железнодорожный переезд) в кабину машиниста (рис.3). Такой вариант трансляции видеоизображения на локомотивы за 3 км до места установки видеокамер независимо от типа системы интервального потребуется для своевременного торможения поезда в случае обнаружения опасного объекта (автомобиля на железнодорожных путях). Для этих целей является необходимым создание специального комплекса технических средств, работающего в свободном диапазоне частот (2,41 ГГц) и включающего в себя видеокамеру, приемопередатчик видеопотока, монитор и постоянное запоминающее устройство в кабине машиниста, антенны и вышки для их установки [5].



Рис. 3. Бортовая система безопасности движения поездов EBI Cab 2000

Использование для основного канала передачи видеоизображения на станцию управления дороги волоконно-оптических систем передачи информации позволяет реализовать мегапиксельную видеоаналитику высокой четкости (HD), повышающую объем видеоданных в 5 раз по сравнению со стандартными системами, обеспечивающую высокую

детализацию объекта наблюдения для более качественного детектирования, сопровождения и классификации целей в автоматическом режиме [6].

Выводы

Наибольшей эффективностью для повышения безопасности движения поездов обладает система интеллектуального видеонаблюдения с архитектурой, соединяющей алгоритмы встроенной и распределенной видеоаналитики. Такая схема организации системы видеонаблюдения будет передавать информацию только на видеосервер в случае возникновения тревожных событий, что позволит подключить к одному каналу связи несколько десятков видеокамер. Обработанная информация в видеосервере будет поступать в ЦРБ системы СИРДП-Е и использоваться для интервального регулирования движением поездов.

В качестве обратного канала от ЕДЦУ к машинисту можно использовать канал ПРС с последующим выводом информации на дисплей в кабине локомотива будет отображаться информация о скорости движения или экстренной остановке.

Поездной диспетчер может передать машинистам с помощью каналов ПРС команды управления в режиме циркулярного вызова. В более сложных вариантах можно предусмотреть передачу видеоизображения низкого качества на локомотив в диапазоне частот железнодорожного транспорта, предусмотренных для ПРС или создавать для этих целей самостоятельную систему радиосвязи (отдельно от ПРС), работающую в свободном диапазоне и непосредственно передающую сигнал с видеокамер в кабину локомотива. С внедрением беспроводных сетей связи Wi-Fi значительно упростится проблема передачи видеоизображения в кабину локомотива.

Совершенствование алгоритмов видеоанализа на основе видеоизображений требует разработки различных шаблонов опасных

объектов и их ранжирование по степени важности. Для снижения вероятности возникновения ложных тревог необходимо использовать аппаратуру, обеспечивающую формирование изображения высокой четкости, что в значительной степени зависит не только от качества светочувствительной матрицы камер, определяемого, например, величиной цифрового шума, но и полосы частот каналов связи. За подробной информацией о системе СИРДП-Е можно обратиться к источнику 7.

Литература

1. Соловьёв А. Е. Виды аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте и их причины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2005. - №5. – С.156-159.
2. ERTMS // ООО «Бомбардье Транспортейшн». [Электронный ресурс]: www.transport.bombardier.com. Доступ 29.05.2017.
3. Область применения: видеонаблюдение // Информационный проект профессионального сообщества «Техническое зрение». [Электронный ресурс]: <http://wiki.technicalvision.ru/index.php/>. Доступ 29.05.2017.
4. Видеоаналитика // «ООО» Синезис. [Электронный ресурс]: <http://synesis.ru/technology/videoanalitika>. Доступ 29.05.2017.
5. Анопченко Н. В., Косилов Р. А., Терешин Н. В., Богачев А.П. Радиотелевизионная система предотвратит наезд // Локомотивы. – 2002. - №8. - С.29.
6. Видеоаналитика высокой четкости (HD) // «ООО» Синезис. [Электронный ресурс]: <http://synesis.ru/technology/videoanalitika-vyisokoj-chetkosti>. Доступ 29.05.2017.
7. ERTMS in brief // Сайт консорциума «UNISIG». [Электронный ресурс]: http://www.ertms.net/?page_id=40. Доступ 29.05.2017.