

Предлагается к рассмотрению конкурсная работа "Универсальная телекоммуникационная инфраструктура управления дорожным движением".

## **1. Введение.**

В последние годы, в связи с высочайшими темпами роста количества автотранспорта (личного, коммерческого, общественного, служебного и т.п.) на дорогах крупных городов и автотранспортных магистралях, весьма актуальными становятся вопросы эффективного применения различных автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД).

В нашей стране ранее и в настоящее время создавались и создаются различные системы АСУДД, например системы АССУД «СИГНАЛ», «ТСКУ» и др. Все эти системы имеют, как правило, схожие черты. Учитывая достаточно большую стоимость организации систем АСДУ и их относительно невысокую эффективность, составляющую 10-30%, телекоммуникационная инфраструктура АСУДД зачастую строится по остаточному принципу, арендуется у провайдеров или других служб или имеет «унаследованную» природу. Телекоммуникационные подсистемы, отвечающие за сбор и передачу информации между различными уровнями управления, организованы на различных проводных и беспроводных технологиях (Ethernet, xDSL, GSM, GPRS) и имеют, как правило, узконаправленную функциональную ориентацию, не позволяющую расширять при необходимости спектр предоставляемых функций и услуг. Таким образом, организация систем АСУДД во все времена была делом "рискованным", а с учетом высоких материальных издержек для муниципальных служб большинства Российских городов с небольшим бюджетом данная задача становится и вовсе несбыточной мечтой.

## **2. Цель работы.**

Целью данной работы является разработка концепции "Универсальной телекоммуникационной инфраструктуры управления дорожным движением".

Рассматриваемая концепция предлагает возможный вариант решения одной из основных проблем существующих систем АСУДД – узкоспециализированность телекоммуникационной инфраструктуры. Основанная на современных сетевых технологиях "Универсальная телекоммуникационная инфраструктура управления дорожным движением" предоставит более широкие возможности по поддержке инфраструктуры АСУДД, позволит организовать новые ранее не доступные сервисы и услуги, а также имеет большие возможности по коммерческому использованию, предоставляя разнообразные информационные и телекоммуникационные сервисы и

услуги участникам дорожного движения и другим потребителям. При правильной организации бизнес процесса предоставление дополнительных услуг позволит получать коммерческую выгоду, существенно снизить издержки на организацию и поддержку инфраструктуры, а возможно позволит говорить и о самоокупаемости систем АСУДД.

Ввиду сложности и масштабности вопроса в данной работе далее рассматривается только общая концепция построения системы управления дорожным движением и более подробно, в соответствии с условиями и целями конкурса - телекоммуникационная составляющая организуемой системы, отвечающая за сбор и передачу данных и предоставление дополнительных сервисов.

### **3. Основные положения.**

АСУДД выполняет следующие основные задачи:

- обеспечивает сбор информации об интенсивности транспортного трафика;
- производит анализ и моделирование дорожной ситуации;
- производит формирование информационных управляющих воздействий (на основе данных анализа и моделирования);
- производит доведение сформированных управляющих воздействий к предмету управления - периферийному дорожному оборудованию.

Как правило, существующие АСУДД имеют общую структурную схему, которая представлена далее на рисунке 1 и состоят из следующих основных уровней:

Уровень управления. На данном уровне производится анализ и моделирование дорожной ситуации на основе собранной с нижних уровней информации об интенсивности автомобильного трафика, а также выработка управляющих воздействий. В качестве таких управляющих воздействий могут выступать изменения временных диапазонов работы светофоров, дорожных указателей, информационные сообщения (например, рекомендуемая скорость движения или перенаправление части автомобильного потока на другие обходные или резервные направления), выводимые на специальные матричные информационные экраны.

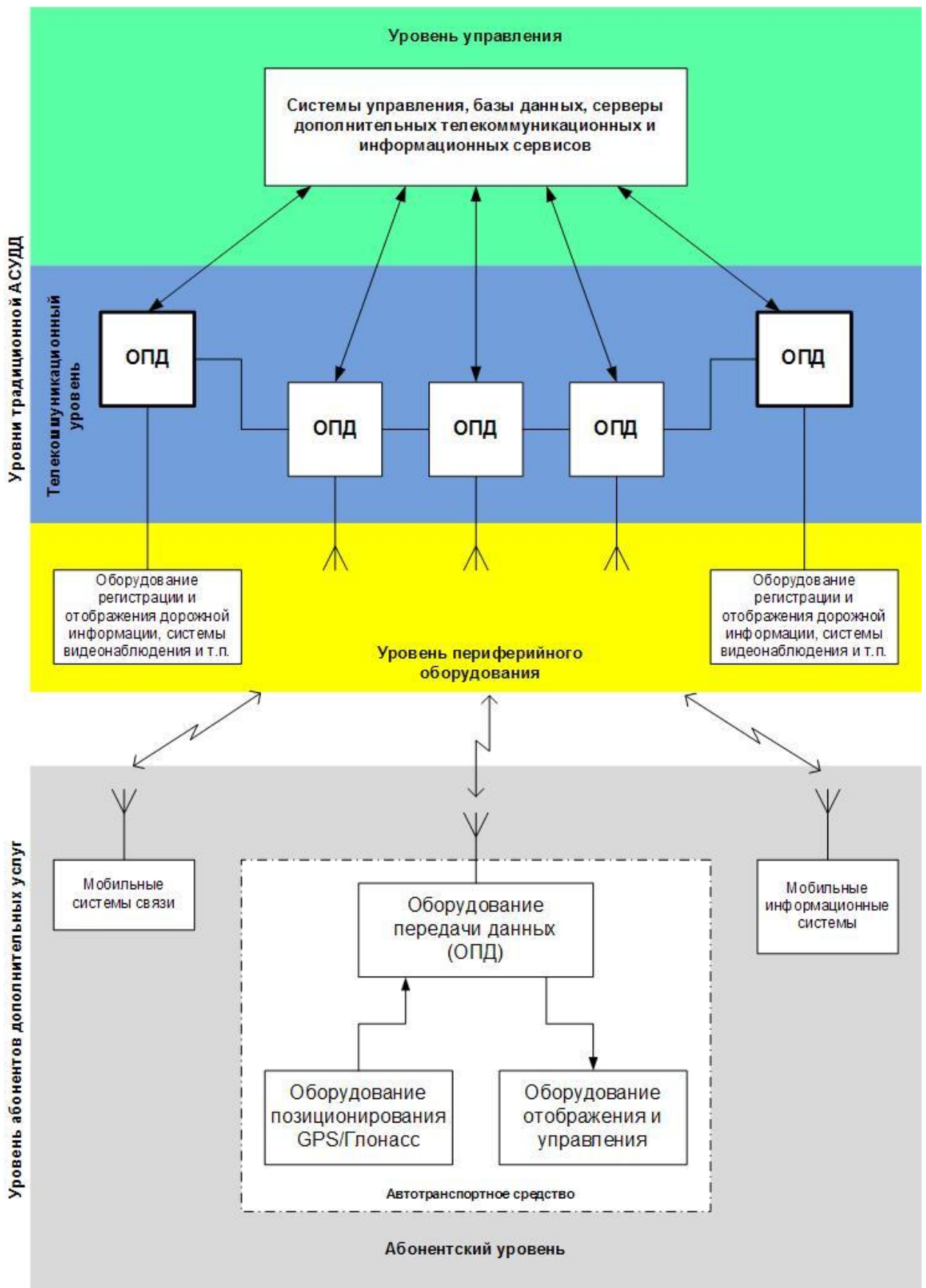


Рис.1 Общая структурная схема системы управления дорожным движением.

Кроме передачи управляющих воздействий на специализированные дорожные информационные системы (светофоры, дорожные информационные экраны и т.п.) в перспективе возможно также использование индивидуального оборудования отображения информации и управления, которыми будут оснащаться автотранспортные средства.

В рамках организации "Универсальной телекоммуникационной инфраструктуры управления дорожным движением" кроме централизованных информационных ресурсов системы управления дорожным движением на уровне управления могут находиться также ресурсы и других дополнительных сервисов. К данным сервисам могут, например, относиться сервисы мобильной и фиксированной телефонной связи, различных информационных систем, систем позиционирования для служб управления дорожным движением (ГИБДД), а также для ремонтных и сервисных дорожных служб.

На уровне управления могут находиться также и централизованные ресурсы различных мобильных сервисов, предоставляемых на коммерческой основе: мобильного доступа в Интернет, систем мобильной связи, систем позиционирования, противоугонных систем, а также различных информационных служб и сервисов, обеспечивающих оперативное доведение различной информации (в том числе и дорожной) до участников дорожного движения.

Телекоммуникационный уровень. С помощью данного уровня производится двунаправленная передача данных, между уровнями управления и уровнем периферийного оборудования. Далее (в п.4) будет более подробно рассмотрена предлагаемая структура организации телекоммуникационного уровня, являющаяся основной целью данной концепции.

Уровень периферийного оборудования. Данный уровень образует в основном стационарное периферийное оборудование подсистем сбора информации об интенсивности дорожного движения: дорожных контроллеров, а также подсистем отображения дорожной информации и систем стационарного и мобильного видеонаблюдения за дорожным движением. К стационарному оборудованию отображения дорожной информации могут относиться светофоры, шлагбаумы, управляемые дорожные указатели, матричные информационные экраны и табло. С помощью данного оборудования в основном и происходит управление автомобильным трафиком. К особенностям данного уровня можно отнести относительно невысокие требования к объемам передаваемой информации (единицы – десятки килобайт) и качественным характеристикам передаваемой информации (возможны задержки до нескольких сотен миллисекунд – единиц секунд). Для системы видеонаблюдения, являющейся одной из подсистем уровня периферийного оборудования, требования к передаче данных сильно

отличаются от рассматриваемых выше подсистем отображения. Подсистемы видеонаблюдения генерируют потоки информации большие на несколько порядков (по сравнению с подсистемами отображения) и составляющие десятки мегабайт с более жесткими требованиями к задержкам и их вариации.

#### Абонентский уровень.

Данный уровень в рамках традиционных систем АСУДД не рассматривается и является, как уже отмечалось выше, уровнем предоставления дополнительных услуг в рамках организации "Универсальной телекоммуникационной инфраструктуры управления дорожным движением". К абонентам данного уровня относятся: службы управления дорожным движением, различные ремонтные и сервисные дорожные службы, а также все остальные участники дорожного движения – водители автотранспортных средств (личного, коммерческого, общественного, служебного).

В качестве дополнительных услуг абонентам данного уровня могут предоставляться различные мобильные и стационарные услуги по доступу к различным базам данных, к информационной, графической и видеоинформации. Для служб управления дорожным движением, ремонтных и сервисных дорожных служб может предоставляться услуги оперативной мобильной связи, диспетчерской связи, систем голосового оповещения и т.п. В качестве абонентского оборудования может использоваться различное стационарное или мобильное терминальное оборудование для информационных или голосовых сервисов (КПК, ПК, специализированные устройства с адаптерами беспроводных средств связи, телефонные аппараты с поддержкой беспроводных технологий и т.п.).

Наибольший интерес представляет оснащение автотранспортных средств терминальным оборудованием, совмещающим функции системы позиционирования GPS/Глонасс с поддержкой беспроводных технологий. В этом случае информация о местонахождении, скорости, а также идентификационная информация от каждой автотранспортной единицы поступает в автоматизированную систему с наибольшей точностью и скоростью. В перспективе, при большом количестве установленных на автотранспортных средствах подобных систем, информация о плотности и интенсивности дорожного движения поступает в систему в непрерывном режиме и на всем протяжении трассы, оснащенной системой управления. В этом случае отпадает необходимость применения сложных дорожных контроллеров, основанных на различных принципах: индукционных, инфракрасных, микроволновых, видеодетекторах со сложным анализом видеоданных, имеющих невысокую точность, надежность и устанавливаемых только в определенных местах.

Оснащение системами позиционирования GPS/Глонасс автотранспортных средств позволяет осуществлять внедрение различных коммерческих услуг, например противоугонных систем, или услуг типа «виртуальный локатор», предоставляя абонентам данной системы динамическую информацию об окружающей дорожной обстановке, в необходимом масштабе и точностью, выводимую на экран оборудования отображения (ПК, КПК и т.п.). Кроме того, в перспективе, при применении систем позиционирования субметровой точности появится возможность формирования оперативного информационного сообщения или даже вмешательства в процесс управления автотранспортным средством, например, в случаях превышении скорости или опасном сближении с рядом идущим автотранспортным средством.

#### **4. Организация универсальной телекоммуникационной инфраструктуры управления дорожным движением.**

Особенность телекоммуникационной составляющей организуемой системы управления обусловлена необходимостью «информационной» доступности автотранспортных средств на всем протяжении дорожной инфраструктурой, большим количеством мобильных объектов управления, а также различным характером передаваемой информации включая информацию управления, голосовую и видео - информацию. Данные обстоятельства является основополагающими при выборе иерархической структуры организации телекоммуникационного уровня. В этом случае выделяются несколько уровней, отвечающих за организацию доступа к мобильным абонентам, к стационарному оборудованию отображения и управления дорожной информации, к системам видеонаблюдения, к мобильным и стационарным информационным и голосовым сервисам, а также агрегирование и доведение данной информации до уровня управления. Учитывая данные особенности, предлагается применение «классической» иерархической структуры построения, рекомендуемой многими производителями сетевого оборудования при организации телекоммуникационной инфраструктуры.

При применении иерархического дизайна выделяются следующие уровни (см. Рис. 2):

- уровень доступа;
- уровень распределения;
- ядро сети;
- сервисный уровень.

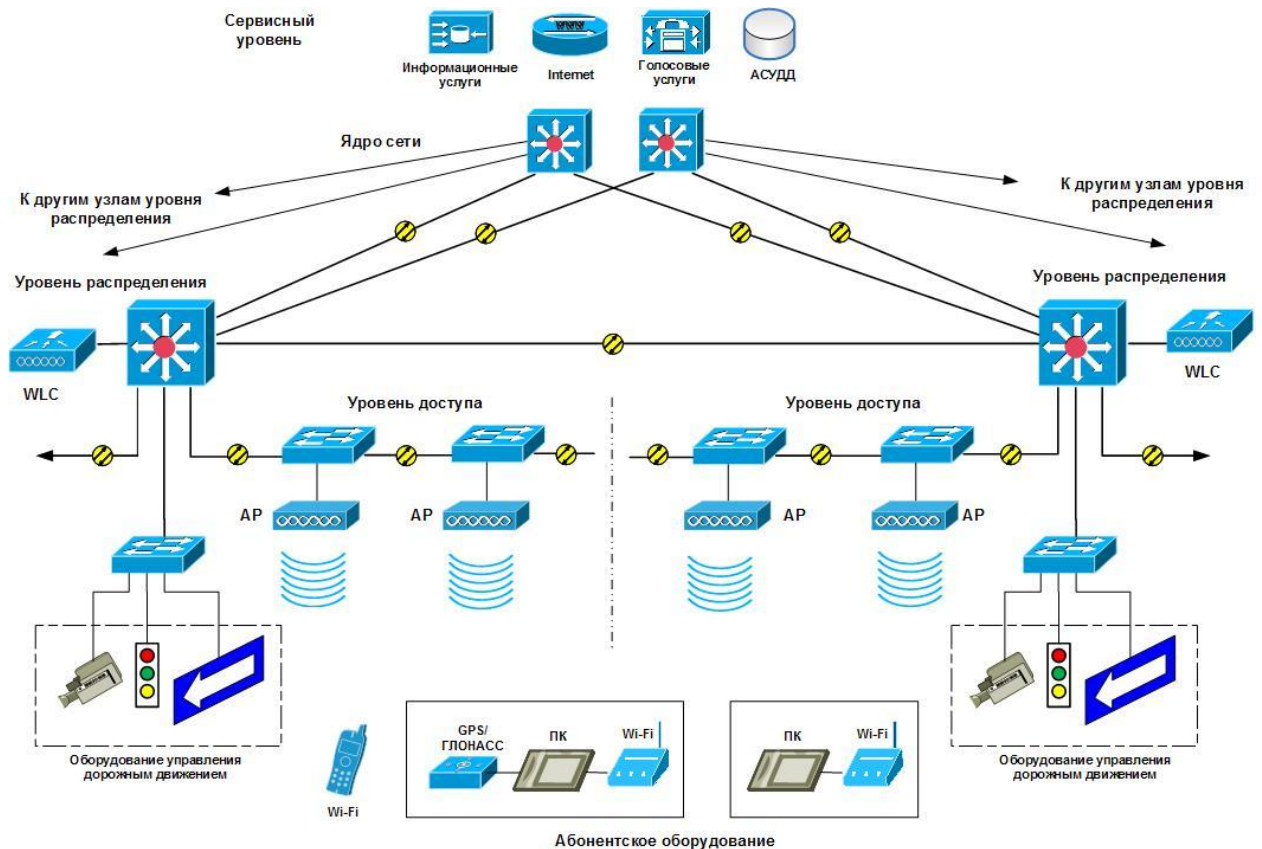


Рис.2 Иерархическая структура телекоммуникационной инфраструктуры.

Далее рассматриваются иерархические уровни организуемой телекоммуникационной структуры более подробно.

### Уровень доступа.

На данном уровне производятся следующие основные функции:

- организация взаимодействия сетевого оборудования уровня доступа с абонентским и периферийным оборудованием на физическом уровне. Производится с использованием мобильных технологий типа WI-FI IEEE 802.11a/b/g для мобильных абонентов, и с использованием “проводных” технологий Ethernet (10Base-T), FastEthernet (100Base-TX), Gigabit Ethernet (1000Base-TX) или их оптических версий для периферийного оборудования и стационарных абонентов;

- классификация и маркировка трафика по типам приложений, физическим и сетевым адресам источников, получателей, портам коммутаторов, приоритетам качества обслуживания;

- настройка функций Admission Control – позволяющих ограничивать трафик по портам, потокам, группам потоков;

- настройка функций информационной безопасности, включающие стандарт IEEE 802.1x, стандартные и расширенные листы доступа ACL и VLAN ACL, port security и т.п.

Организацию уровня доступа для мобильных абонентов с учетом необходимости покрытия большой территории, а также поддержки функций роуминга целесообразно вести с использованием архитектуры Cisco Unified Wireless Network, предполагающей использование простых Lightweight точек доступа (AP) и управляющего WLAN контроллера (WLC) см. Рис. 2, на который возложены функции контроля, управления и безопасности несколькими десятками точками доступа. В качестве оборудования уровня доступа возможно, например, применение беспроводных точек доступа Cisco серий 1300, 1500, имеющих конструкцию, обеспечивающую “наружное” применение и возможность применения Mesh технологий (у серии 1500), обеспечивающей при необходимости организацию беспроводных сегментов доступа см. Рис.3. Организация подобных беспроводных сегментов может потребоваться, например, в условиях отсутствия возможности установки коммутаторов доступа, или при необходимости максимального упрощения инфраструктуры уровня доступа. Необходимо учитывать, что уменьшение доступной скорости доступа при использовании даже четырех последовательно включенных Mesh устройств может достигать почти порядка, в связи с чем, применение данной технологий должно вестись с точным учетом количества абонентов и типа доступных им сервисов и услуг.

Установка точек доступа возможна на придорожных столбах освещения и других придорожных конструкциях. Электропитание точек доступа может осуществляться с использованием коммутаторов доступа, непосредственно от портов Ethernet с поддержкой технологии PoE, либо с использованием инжекторов электропитания при отсутствии портов с технологией PoE.

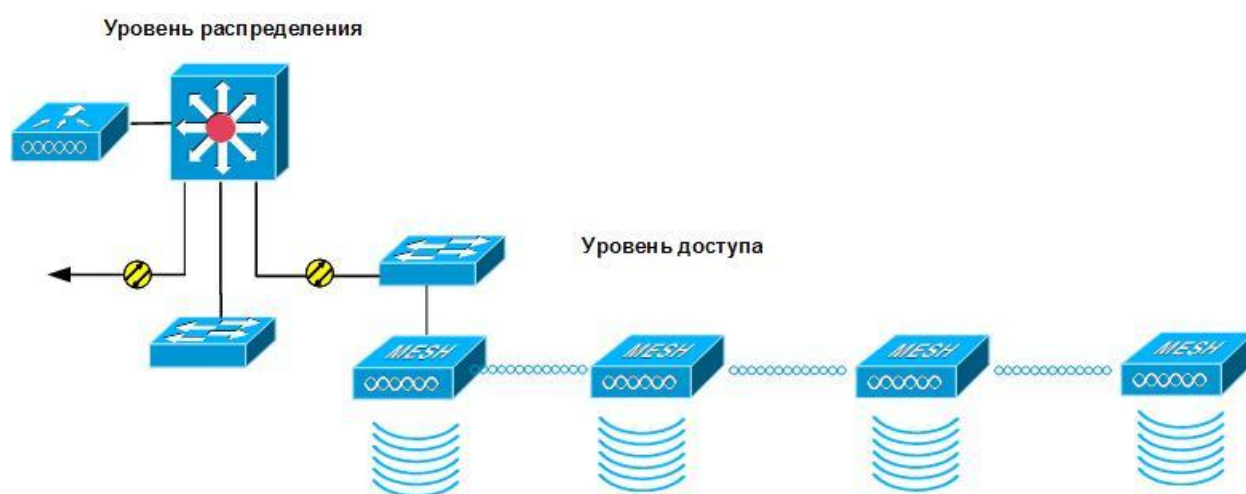


Рис. 3. Применение технологии Mesh на уровне доступа.

В качестве коммутаторов доступа, обеспечивающих подключение точек доступа (AP) к уровню распределения целесообразно применение промышленных коммутаторов серии IE 3000, которые также как и точки доступа имеют расширенный температурный диапазон применения, небольшую потребляемую мощность, разнообразные варианты электропитания и другие возможности, упрощающие применение их в «уличных» условиях. К дополнительным преимуществам указанной серии коммутаторов можно отнести и применение протокола REP, обеспечивающего быстрое (субсекундное) восстановление работоспособности используемой в рассматриваемой сети кольцевой сетевой топологии.

Размещение коммутаторов доступа производится аналогично точкам доступа в герметичных боксах на придорожных столбах освещения и других конструкциях. Организация сетевой инфраструктуры необходимой топологии производится с использованием технологий GigabitEthernet (1000Base-SX, 1000Base-LX/LH, 1000Base-VX) посредством многомодовых и одномодовых волоконно – оптических кабелей связи, с воздушным подвесом на столбах освещения или прокладкой в кабельной канализации на определенных участках. Кроме кольцевых топологий рассмотренных выше, для построения уровня доступа на участках с повышенными нагрузками более целесообразно использование радиальных технологий, при которых каждый коммутатор стыкуется с резервируемыми коммутаторами уровня распределения. При такой организации устраняются неэффективные цепочки коммутаторов, и на каждый коммутатор доступа выделяется наибольшая доступная полоса пропускания. Кроме того, различные механизмы отказоустойчивости, протоколы маршрутизации имеют наименьшее время сходимости благодаря упрощению топологии и уменьшению количества устройств вовлеченных в процесс сходимости. Основным недостатком радиальной топологии является гораздо больший расход волоконно – оптических кабелей связи по сравнению с кольцевыми топологиями. Для уменьшения количества волоконно – оптических кабелей возможно применение технологий спектрального уплотнения типа CWDM или DWDM, позволяющих организовывать отдельные радиальные направления связи с использованием отдельных «лямд» - длин волн оптического излучения на одном кабеле. Возможная общая структурная схема применения технологий спектрального уплотнения с применением устройств мультиплексирования - демультиплексирования (MUX, DeMux) и оптических мультиплексоров вставки-выделения OADM (optical add-drop multiplexer) представлена далее на Рис. 4. С учетом уменьшения стоимости устройств мультиплексирования – демультиплексирования и мультиплексоров вставки-выделения зачастую имеющих «пассивную» конструкцию, не использующих электропитание,

данный способ организации уровня доступа в перспективе может оказаться весьма эффективным в случаях увеличения количества абонентов и увеличения скорости доступа к информационным и телекоммуникационным ресурсам сети.

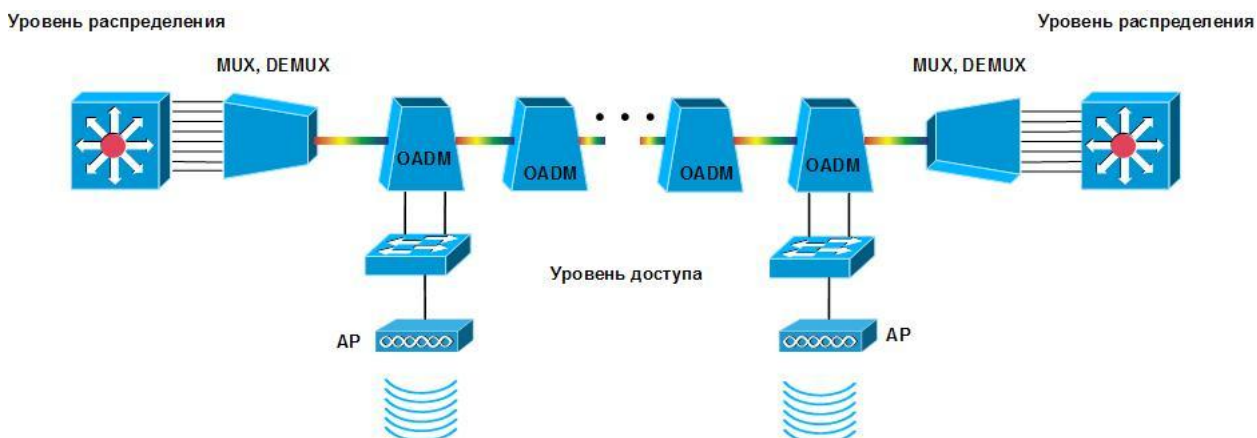


Рис. 4. Применение технологий CWDM, DWDM при организации уровня доступа

#### Уровень распределения.

Уровень распределения агрегирует сетевой трафик с уровня доступа сети и функционально решает следующие основные задачи:

- агрегация сетевого трафика с уровня доступа;
- маршрутизация сетевого трафика между VLAN;
- изоляция последствий изменения сетевой топологии на уровне доступа;
- организация «виртуализации» на основе механизмов VRF для различных типов трафика или предоставляемых сервисов или услуг.

Данный уровень строится на маршрутизирующих коммутаторах, поддерживающих быструю маршрутизацию сетевого трафика, организацию VRF, применение технологий MPLS, Metro-Ethernet, имеющих развитые функции управления QoS и безопасности. Необходима также поддержка коммутаторами уровня распределения протокола REP, который позволяет, как рассматривалось ранее, обеспечивать быструю сходимость при неисправностях на каналах и интерфейсах оборудования. В качестве оборудования уровня распределения, наиболее эффективно решающего указанные выше задачи возможно использование коммутаторов третьего уровня серий ME3400 или подобных.

В случае построения ЛВС с повышенной отказоустойчивостью на уровне распределения применяются дублирующие друг друга коммутаторы. Коммутаторы уровня доступа SW(a) подключаются к коммутаторам уровня распределения SW(d) с использованием кольцевых или радиальных дублирующих связей. Кроме того, возможна и более эффективная схема взаимодействия с использованием радиальных резервируемых соединений с использованием технологий CWDM, DWDM, рассмотренных выше. Одна из возможных схем организации отказоустойчивой телекоммуникационной инфраструктуры приведена далее на Рис. 5. На данной схеме изображен типовой сегмент универсальной

телекоммуникационной инфраструктуры организованный вдоль определенного дорожного участка. Размеры данного сегмента могут определяться различными параметрами и характеристиками, зависящими от множества факторов: от количества обслуживаемых абонентов, количества и типа предоставляемых служб и услуг, размеров разбиения дорожных участков на стандартные участки и т.п.

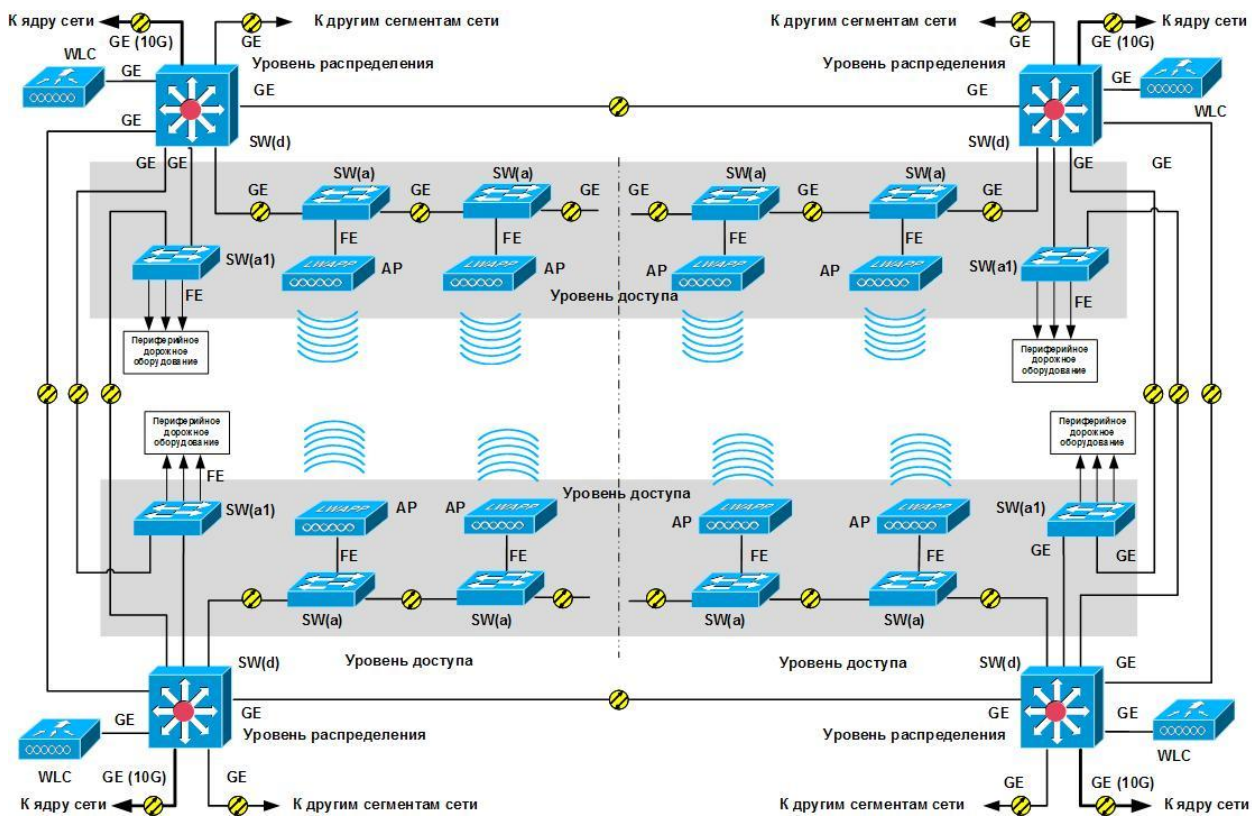


Рис. 5. Организация отказоустойчивой сетевой инфраструктуры АСУДД.

Для увеличения уровня отказоустойчивости, а также для увеличения плотности устанавливаемых точек доступа (AP) и коммутаторов уровня доступа SW(a) применяется дублирование элементов инфраструктуры с географическим разнесением одинаковых сетевых элементов (уровень доступа, уровень распределения) на разные стороны дорожного покрытия.

Отдельные коммутаторы уровня доступа SW(a1) имеют прямое гигабитное подключение к коммутаторам уровня распределения SW(d) и необходимы для непосредственного подключения периферийного дорожного оборудования имеющих более высокие требования по количеству и надежности соединений, а также систем видеонаблюдения имеющих более высокие требования по пропускной способности каналов передачи данных. Установка коммутаторов уровня распределения SW(d), коммутаторов уровня доступа SW(a1) и контроллеров WLC производится в местах концентрации периферийного оборудования, систем видеонаблюдения, например на

перекрестках, крупных дорожных развязках и устанавливаются в герметичных боксах (монтажных шкафах), оснащаемых системами терморегулирования. Установка контроллеров WLC производится, как правило, на уровне распределения, где производится стыковка контроллера с портом GE коммутатора распределения SW(d). На гигабитном соединении производится настройка транков 802.1Q, посредством которых контроллер взаимодействует с удаленными точками доступа. В зависимости от количества устанавливаемых точек доступа применяется тот или иной тип контроллера. В основном для указанного типового сетевого сегмента достаточно применения контроллеров серии AIR-WLC4402-12(25, 50)-K9, обеспечивающих управление от 12 до 50 точками доступа или серии AIR-WL4404-100-K9 для управления 100 точками доступа.

### Уровень ядра.

Основное назначение данного уровня – масштабирование организуемой телекоммуникационной инфраструктуры АСУДД, которая производится путем объединения отдельных сегментов уровня распределения в единую сетевую инфраструктуру. Данное объединение производится путем стыковки коммутаторов уровня распределения SW(d) с коммутаторами уровня ядра (core) SW(c), см. Рис. 6.

Уровень ядра в таком случае является агрегирующим для коммутаторов уровня распределения. Оборудование уровня распределения стыкуется с дублированными коммутаторами уровня ядра не менее двумя дублированными каналами GigabitEthernet или 10G Ethernet на перспективных этапах развития сети в случае необходимости.

В зависимости от масштабов организуемой сети уровень ядра также может иметь сложную структуру, состоящую из множества сегментов (кластеров), объединенных высокоскоростными каналами, например 10 Gigabit Ethernet (**10G**). Далее на Рис. 6 показан общий вариант организации ядра сети имеющих трех сегментную (А, В, С) организацию. В зависимости от количества сегментов, от интенсивности и тяготения трафика, а также из экономических соображений возможны различные варианты соединений отдельных сегментов уровня ядра в единую сетевую инфраструктуру: кольцевые, радиально-узловые или радиальные с использованием дублирования (резервирования) направлений связи или без него. Это же касается и организации взаимодействия уровня ядра с последним сетевым уровнем рассматриваемой телекоммуникационной инфраструктуры АСУДД – сервисным уровнем.

В качестве оборудования применяемого на уровне ядра целесообразно рассматривать высокопроизводительные коммутаторы серии Catalyst 65xx, имеющие модульную структуру и другие необходимые функциональные возможности для

объединения большого количества сегментов уровня распределения и ядра в высокопроизводительную и надежную сетевую инфраструктуру. К подобным функциональным возможностям относятся например, HSRP - балансировка нагрузки и функции взаиморезервирования между дублированными коммутаторами уровня ядра, Congestion Avoidance & Management – отброс IP пакетов на основе классификации или политики в моменты перегрузки сети с помощью технологии Weighted Random Early Detection (WRED), Sheduling - приоритетная передача IP пакетов основанная на классификации или политике качества обслуживания, с помощью нескольких очередей и технологии Weighted Round Robin (WRR), RMON сбор статистики, SPAN - перенаправления трафика отдельных портов, групп портов и виртуальных портов на анализаторы протоколов, системы обнаружения вторжений, межсетевые экраны, NetFlow Statistics углубленный анализ потоков сетевого и транспортного уровней).

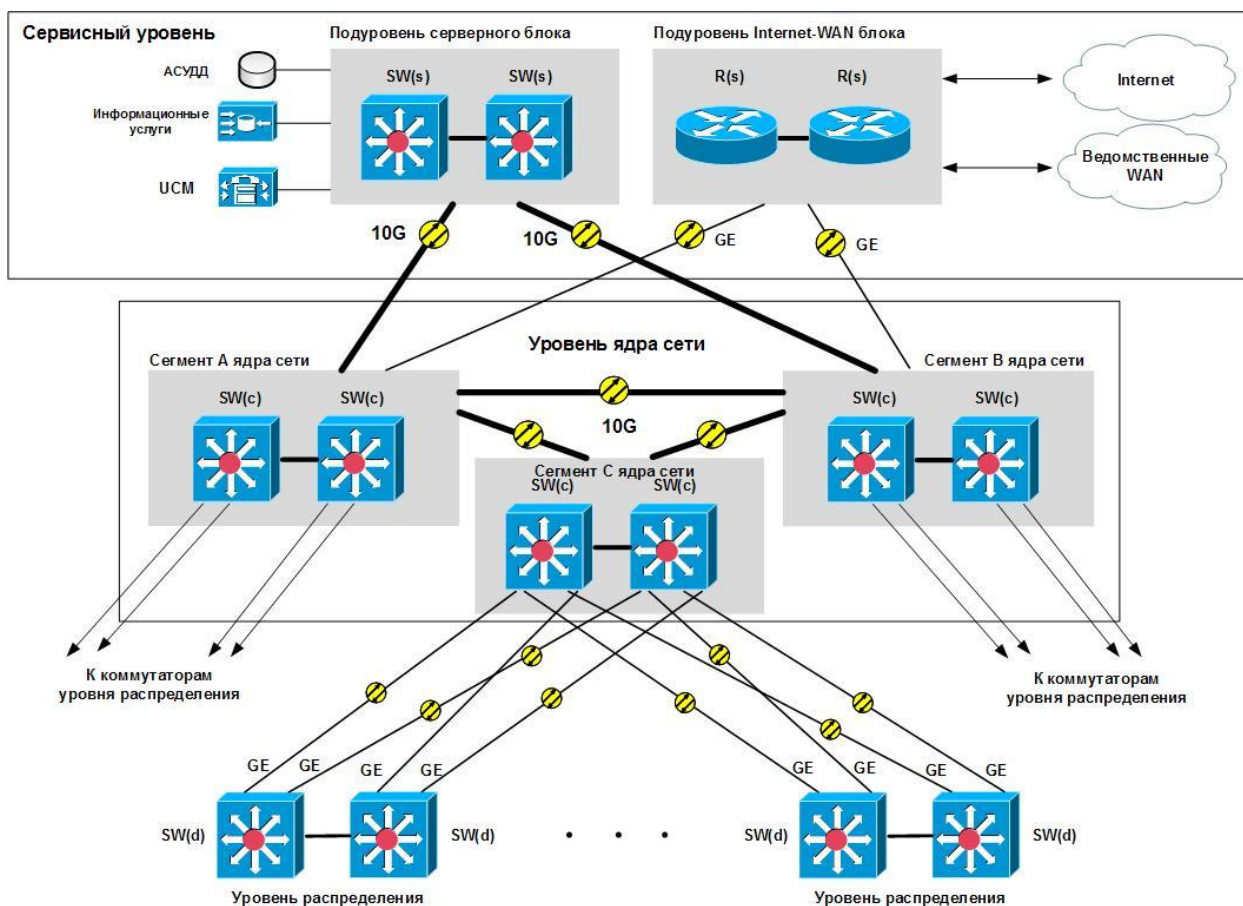


Рис. 6. Организация уровня ядра сети.

### Сервисный уровень.

Сервисный уровень является уровнем, объединяющим и предоставляющим различные информационные и телекоммуникационные услуги абонентам организуемой телекоммуникационной инфраструктуры. Наряду с основными услугами –

информационной поддержкой АСУДД, организуемой на серверах АСУДД, на данном уровне организуются дополнительные информационные и телекоммуникационные сервисы для различных служб управления движением, дорожных ремонтных служб и для коммерческого использования. Часть указанных служб организовано на серверном оборудовании. Для организации надежного, безопасного и управляемого взаимодействия с серверами данных сервисов организуется подуровень серверного блока, а для доступа к ресурсам Internet и внешним (в т.ч. ведомственным сетям передачи данных) организуется подуровень Internet – WAN блока.

В соответствии со структурой организации ядра сети данные подуровни взаимодействуют с ядром сети посредством резервируемых соединений 10G – для серверного блока и GigabitEthernet для подуровня Internet – WAN блока.

## **5. Заключение.**

Таким образом, рассмотрены основные положения организации "Универсальной телекоммуникационной инфраструктуры управления дорожным движением".

Несмотря на сложность структуры данной телекоммуникационной структуры и большие финансовые затраты на создание подобных проектов, реализация подобных проектов имеет несомненные выгоды, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Избыточность, заложенная в проекте, позволяет не только обеспечить надежной телекоммуникационной инфраструктурой систему управления дорожным движением (главного потребителя ресурсов организуемой сети), позволяя развиваться ей и другим сопутствующим дорожным службам с применением самых передовых технологий, но и предоставлять участникам дорожного движения различные коммерческие информационных услуги, включая мобильный доступ в Internet.

Дополнительно, необходимо отметить, что благодаря “покрытию” значительной территории города предлагаемая телекоммуникационная инфраструктура создает задел для развития и развертывания на ее основе и других автоматизированных служб управления городской инфраструктурой (экологический мониторинг, управление и мониторинг различными объектами городского хозяйства, коммуникациями, системами электроснабжения), и систем видеонаблюдения различного назначения.

Представленная концепция организации "Универсальной телекоммуникационной инфраструктуры управления дорожным движением" ввиду сложности и масштабности задачи, в основном имеет общий не детализированный характер и может уточняться и совершенствоваться по мере поступления конкретных вводных данных, условий и постановки четких задач.