

Архитектура информационно-управляющего комплекса для интеллектуальных транспортных систем

В.Н. Ефанов

Факультет авиационного приборостроения
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Уфа, Россия
e-mail: efanov@mail.rb.ru

Л.Р. Саяпова

Факультет авиационного приборостроения
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Уфа, Россия
e-mail: bezdna.06@list.ru

Аннотация¹

В данной статье рассматриваются вопросы разработки и проектирования информационно-навигационных и интеллектуальных систем для дистанционного мониторинга и управления транспортными средствами. Представленная телематическая платформа Интеллектуальных транспортных систем (ИТС) позволяет унифицировать программно-аппаратную среду при реализации широкого класса проектов, имеющих региональную и ведомственную специфику. Использование стандартных открытых архитектур информационно-вычислительных систем создает широкие возможности для их расширяемости, мобильности и интероперабельности, что обеспечивает хорошие предпосылки для дальнейшего развития интеллектуальной системы.

1. Введение

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) - это комплекс информационно-управляющих систем дистанционного мониторинга и управления транспортными средствами, обеспечивающих оптимизацию работы последних и повышение безопасности перевозок. ИТС обеспечивают всесторонний контроль за состоянием транспортного средства, включая его местонахождение, маршрут поездки, график движения, скоростной режим, события на борту, условия перевозки груза и др. Также система отслеживает работу каждого транспортного средства в реальном времени и оперативно выявляет любые отклонения от путевого задания, ошибки и злоупотребления водителей. Своевременная информация об этом позволяет немедленно устранять нарушения и не допускать их впредь.

ИТС получают все более широкое распространение во всем мире. Наиболее известными являются следующие международные ассоциации: ITS-Europe

(ERTICO), ITS-America, ITS-Japan. В России также разработана концепция интеллектуальной транспортной системы (РИТС). Предполагается, что создание и внедрение отечественных ИТС позволит повысить эффективность управления перевозками, сократить непроизводительные затраты на транспортировку грузов, ускорить развитие национальной транспортной, территориальной и информационной инфраструктур, обеспечить благоприятный климат для внедрения сервисов на основе глобальных навигационных спутниковых систем.

ИТС обеспечивают устойчивое, эффективное, экономичное и безопасное функционирование транспорта за счет придания активным элементам транспортной системы свойств интеллектуального (адаптивного) поведения. Однако отсутствие системного подхода при разработке ИТС, в котором должны учитываться: специфика различных видов транспортных средств, специфика региональной дорожной сети и специфичные проблемы управления дорожным движением, приводит к несовместимости сервисов и программно-технических решений. В связи с этим в данной работе системная модель телематической платформы на базе IDEF0-технологии, которая позволяет систематизировано решать основные функциональные задачи управления эксплуатацией транспорта.

2. Принципы формирования системной модели телематической платформы ИТС

С точки зрения потребителя ИТС представляет собой комплексную систему информационного обеспечения, в состав которой входит совокупность интегрированных информационных сервисов, предоставляемых на основе использования информационных ресурсов, порождаемых в процессе транспортной и иных видов хозяйственной деятельности. Объединение всех видов информационных и информационно-телекоммуникационных услуг в рамках единого информационного поля - задача весьма актуальная и сложная [1], ее реализация требует выполнения целого ряда функций, к числу которых относятся следующие:

Труды второй международной конференции
"Интеллектуальные технологии обработки
информации и управления", 10 - 12 ноября, Уфа,
Россия, 2014

Вторая международная конференция "Интеллектуальные технологии обработки информации и управления", Уфа, Россия, 2014

1. Повышение качества транспортных услуг за счет оптимизации маршрутов движения транспортных средств с учетом актуального состояния дорожного движения и миграции заторовых ситуаций, создания условий для своевременного и достоверного контроля выполнения заказов на осуществление транспортной работы предприятиями, осуществляющими пассажирские перевозки, эксплуатацию дорожно-уличной сети, вывоз твердых и жидких бытовых отходов, контроля расхода топлива, снижения страховых рисков, увеличения оборачиваемости транспортных средств, снижения доли эксплуатационных издержек
2. Контроль соблюдения графика движения с целью сокращения времени поездок пассажирами всеми видами наземного транспорта и минимизации времени прибытия по вызову.
3. Обеспечение ритмичного выполнения грузоперевозок в результате увеличения пропускной способности дорог города за счет регулирования транспортных потоков и формирования предупредительной информации об условиях дорожного движения;
4. Обеспечение возможности выбора пассажирами оптимального маршрута движения общественным транспортом от начальной до конечной точки с учетом маршрутов и расписаний движения общественного транспорта, а также дорожной ситуации и плотности транспортных потоков.
5. Повышение эффективности работы автотранспорта за счет минимизации холостого пробега, оптимизации маршрутной сети, сбалансированной загрузки всех водителей, организации планового технического осмотра (ТО) и ремонта автомобилей.
6. Создание условий для укрепления трудовой дисциплины водителей и смежных с ними сотрудников за счет оперативного выявления нарушений, допущенных водителем, в том числе автоматической фиксации фактов нарушения правил дорожного движения, информирования водителей о нарушении ими правил дорожного движения и эксплуатации транспортного средства, а также о текущем и краткосрочном прогнозе состояния условий дорожного движения, повышения внимания водителей при управлении автомобилями в различных по напряженности условиях движения.
7. Повышение безопасности перевозок за счет повседневного контроля: соблюдения скоростного режима, максимального числа пассажиров, реализации функций охранной и противоугонной системы при попытке угона или разбойного нападения, обеспечение беспрепятственного движения спецтранспорта к месту ДТП или криминальной ситуации, а также при перевозках ценных и опасных грузов.
8. Получение исчерпывающей и достоверной информации о работе каждого автомобиля, в том числе сводные данные, накопленные системой (пробег, расход горюче-смазочного материала (ГСМ), расход моторесурса и т.п.), которые представляют наиболее полные и достоверные сведения о работе

автотранспорта и служат основой для объективного начисления зарплаты, учета и списания материальных ценностей, планирования перевозок, и т.п.

Взаимосвязь перечисленных функций отображается в иерархически упорядоченной совокупности IDEF0-диаграмм. Контекстная диаграмма телематической платформы ИТС (рис. 1) содержит единственный блок с необходимыми атрибутами - входами, выходами, управлениями и механизмами.

К входным сигналам (объектам, используемым и преобразуемым с целью получения результата) относятся: «Информация, поступающая от ТС»; «Информация устройств дорожной инфраструктуры»; «Информация различных служб», «Информационные данные GLONASS-GPS». Данная информация позволяет ИТС регулировать транспортные потоки с большой эффективностью, а также делает дорожно-транспортную инфраструктуру более безопасной.



Рис. 1. Контекстная диаграмма «Телематическая платформа ИТС»

К механизмам (ресурсы, выполняющие работу) относятся основные методы и виды регулирования, технические устройства и стандарты, которые позволяют ИТС осуществлять контроль за дорожной обстановкой и регулировать транспортные потоки. К основным механизмам относятся: «Алгоритмическое и программное обеспечение ИТС»; «Объекты транспортной инфраструктуры»; «Элементы информационно-телекоммуникационной инфраструктуры».

Управление (информация, управляющая действиями работы) содержит основные методики, эксплуатационную документацию, нормативные правовые акты регулирующие функционирование ИТС, к ним относятся: «Техническое регулирование ИТС (международное, региональное, национальное)»; «Нормативно-правовое регулирование ИТС»; «Научно-методическое обеспечение ИТС».

К выходам (объекты, в которые преобразуются входы) относятся управляющие воздействия, направленные на решение основных функциональных задач интеллектуальной транспортной системы: «Управление движением транспортного средства (ТС)», «Управление перевозками», «Управление транспортной средой».

Верхний уровень телематической платформы ИТС образует интегрированную информационную среду интеллектуального управления эксплуатацией

транспорта, которая может быть реализована на базе оптоволоконной промышленной Ethernet-сети, что позволяет получить высоконадежную структуру, не подверженную воздействию транспортных и электрических помех, а также влиянию внешней среды.

Основной блок (блок 2) IDEF-диаграмма верхнего уровня архитектуры телематической платформы, представленной на рис. 2, соответствует вычислительной сети, реализующей основные алгоритмы управления. Этот блок взаимодействует с внешними устройствами через соответствующие модемы (блоки 3, 4, 5). Для предварительной обработки данных, поступающих от различных источников и имеющих различные форматы, служит центр обработки данных (ЦОД) – блок 1.

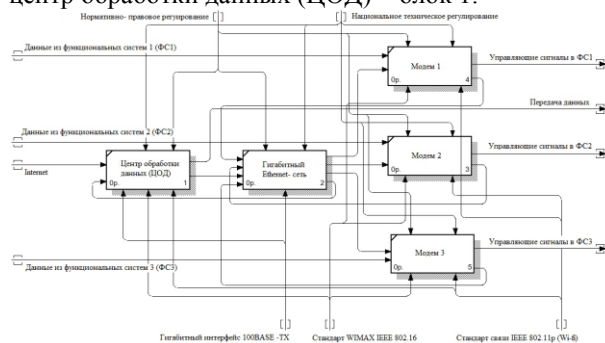


Рис. 2. IDEF-диаграмма верхнего уровня архитектуры телематической платформы ИТС

Второй иерархический уровень телематической платформы ИТС включает в свой состав вычислительные системы, предназначенные для решения основных функциональных задач (рис. 3). При этом блок 1 «Система позиционирования ТС» решает задачу управления движением транспортных средств на основе спутниковой навигации и радиолокационного зондирования. Блок 2 «Системы мониторинга ТС» выполняет функцию мониторинга подвижных объектов и эксплуатационного персонала с их автоматической идентификацией. В задачи блока 3 «Центр ситуационного контроля» входит оценка складывающейся дорожной обстановки и прогнозирование критических ситуаций. Блок 4 «Система финансового мониторинга и оптимизации расхода» служит для разработки управленческих решений, позволяющих повысить финансово-экономическую эффективность эксплуатации ТС.

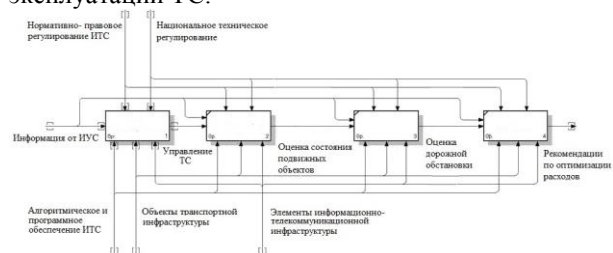


Рис. 3. Функциональная модель второго уровня архитектуры телематической платформы ИТС

Функциональные системы второго уровня могут быть реализованы на базе Ethernet-колец на коммутаторах со скоростями 100 Мб/с с использованием систем цифровой радиосвязи со всеми объектами транспортной инфраструктуры и спутниковых систем мониторинга объектов радиолокационного зондирования. Универсальная функциональная модель каждой такой системы показана на рис. 4. В ее состав входит вычислительная сеть (блок 1), а также средства связи с объектами верхнего уровня управления (блок 2) и периферийными устройствами, которые входят в третий иерархический уровень телематической платформы (блок 3).

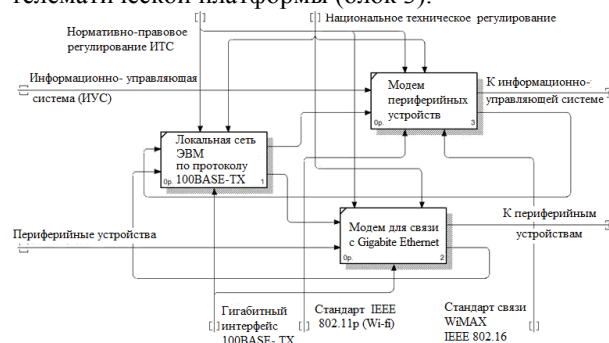


Рис. 4. Универсальная функциональная модель систем второго уровня архитектуры телематической платформы ИТС

Функциональная модель уровня периферийных устройств архитектуры телематической платформы ИТС представлена на рис. 5. В ее состав входят: совокупность дистанционно управляемых исполнительных и индикационных устройств (блок 1); элементы информационно-телекоммуникационной инфраструктуры транспортного комплекса - приемник GPRS (блок 2), бортовой компьютер (блок 3), приемник GPS (блок 4); транспортное средство, подлежащее оснащению средствами связи, дистанционного мониторинга и телеметрических измерений (блок 5); исполнительное и индикационное оборудование (блок 6).

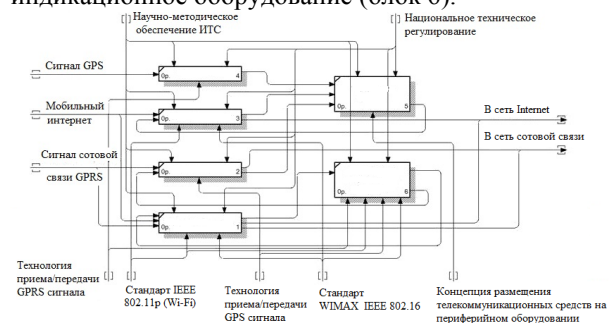


Рис. 5. Функциональная модель уровня периферийных устройств архитектуры телематической платформы ИТС

Представленная системная модель интегральной телематической платформы ИТС позволяет унифицировать программно-аппаратную среду при реализации широкого класса проектов, имеющих региональную и ведомственную специфику. Использование стандартных открытых архитектур

информационно-вычислительных систем создает благоприятные условия для их расширяемости, мобильности и интероперабельности, что обеспечивает хорошие предпосылки для дальнейшего развития интеллектуальной системы. Вместе с тем многообразие возможных вариантов реализации телематической платформы ИТС обуславливает необходимость выбора оптимального состава используемого оборудования.

3. Выбор оптимального аппаратного состава телематической платформы интеллектуальной транспортной системы

Процесс создания оптимального облика телематической платформы интеллектуальной транспортной системы комплекса включает две взаимосвязанные задачи:

- формирование критерия оптимальности, адекватного целям проектирования;
- выбор оптимальной проектной альтернативы из множества допустимых вариантов.

Цель проектирования накладывает вполне определенный отпечаток на принцип выбора совокупности оценочных функций.

Они должны содержать такое количество частных показателей, которое позволяет учесть все определяющие признаки, адекватно отражающие результат проектирования. Помимо этого, они должны обеспечивать ранжирование вариантов по степени предпочтения и ставить им в соответствие количественную меру эффективности. Специфика задачи оценки по векторному критерию состоит в том, что ее решение будет заведомо субъективным [2]. Это объясняется не столько субъективностью выбора множества оценочных функций, сколько тем обстоятельством, что некоторые из исследуемых вариантов могут оказаться более предпочтительными по одним показателям и менее предпочтительными по другим. Поскольку основная аксиома оценки по нескольким показателям утверждает невозможность, в общем случае, строгого математического доказательства существования максимально предпочтительного варианта, то любой вариант из числа недоминируемых (т.е. не являющихся менее предпочтительными по всем показателям сразу) может быть признан наиболее предпочтительным конкретным проектировщиком в конкретных условиях.

Таким образом, задача создания оптимального облика телематической платформы интеллектуальной транспортной системы может быть сформулирована следующим образом: необходимо выбрать набор периферийных устройств, который позволит реализовать всю совокупность функций, возлагаемых на третий уровень иерархии телематической платформы ИТС, и окажется оптимальным с точки зрения векторного критерия эффективности. Первое условие в данной формулировке определяет ограничения, в рамках которых должна решаться оптимизационная задача. А второе – специфику выбора варианта, отвечающего заданным

требованиям к тактико-техническим характеристикам разрабатываемых устройств. К числу таких характеристик относятся:

- суммарный объем изделия;
- масса изделия;
- цена изделия;
- оценка эффективности работы.

Среди перечисленных показателей наименее формализованным является оценка эффективности работы. Этот показатель выступает в качестве экспертной оценки способности данного набора устройств выполнять заданные функции. Поскольку заданные функции у различных устройств различаются, то для того, чтобы иметь возможность их сравнивать, мы выбрали универсальную сто балльную шкалу.

Рассмотрим, вначале, исходную совокупность периферийных устройств, необходимых для реализации третьего уровня иерархии телематической платформы ИТС. Эта совокупность, совместно с характеристиками, сведена в таблицу 1.

Таблица 1. Исходная совокупность периферийных устройств

Изделие	Наименование	Объем, м3	Масса, кг	Цена, руб.	Оценка эффективности работы
Дорожный контроллер					
1	ДК «Каскад» ДК Л2	0,084	35	33645	75
2	ДК «Каскад» ДК Л4	0,084	35	38718	80
3	ДК «Каскад» ДК Л6	0,084	35	43762	70
4	ДК «Каскад» ДК Л8	0,084	35	48804	95
Детектор транспорта					
1	ДТ 272 производства ASIM	0,026	1,6	12600	73
2	ТТ 262 производства ASIM	0,147	0,7	14000	85
3	ИР 254 производства ASIM	0,0208	1,28	7392	77
Видеокамера купольного вида					
1	MSB-K1	0,0065	0,4	3150	85
2	RVi-123ME	0,0042	0,2	4000	77
3	MSB-K2	0,0065	0,4	2310	67
100 мегабитный коммутатор					
1	D-link DIR-100	0,0005	0,213	1620	77
2	D-Link DES-1005A	0,0002	0,120	4900	83
3	D-link DGS-1100-08	0,0005	0,42	4490	94
Гигабитный коммутатор					
1	Cisco SRW2008MP	0,0021	1,2	17130	78
2	D-link DES-3526	0,0040	2,56	16868	92
3	3COM Baseline Plus Switch 2952	0,0042	5	18361	71

Из перечисленных набора периферийных устройств составим возможные варианты. При этом следует учесть, чем больше сформировано возможных вариантов, тем больше вероятность получить наиболее качественное решение.

Ниже, в качестве примера, приведены три варианта состава оборудования из десяти, среди которых в дальнейшем выберем оптимальный вариант.

Вариант 1.

Дорожный контроллер	ДК «Каскад» ДК Л2
Детектор транспорта	DT 272 производства ASIM
Видеокамера купольного вида	MSB-K1
100 мегабитный коммутатор	D-link DIR-100
Гигабитный коммутатор	Cisco SRW2008MP

Вариант 2.

Дорожный контроллер	ДК «Каскад» ДК Л4
Детектор транспорта	TT 262 производства ASIM
Видеокамера купольного вида	RVi-123ME
100 мегабитный коммутатор	D-Link DES-1005A
Гигабитный коммутатор	D-link DES-3526

Вариант 3.

Дорожный контроллер	ДК «Каскад» ДК Л6
Детектор транспорта	IR 254 производства ASIM
Видеокамера купольного вида	MSB-K2
100 мегабитный коммутатор	D-link DGS-1100-08
Гигабитный коммутатор	3COM Baseline Plus Switch 2952

Для того, чтобы оценки сформированных вариантов были максимально обоснованными, выработка решающего правила должна осуществляться в строгом соответствии с объемом достоверной информации о свойствах используемых оценочных функций. Наименее субъективным представляется подход, при котором происходит ранжирование вариантов по каждому из учитываемых показателей, а в качестве обобщенной оценочной функции берется сумма рангов. В связи с этим лучший вариант будем выбирать, используя описанный метод ранжирования. Для этого определим суммарные характеристики для каждого варианта (табл. 2).

Таблица 2. Суммарные характеристики:

Вариант	Объем, м	Масса, кг	Цена, руб	Оценка эффективности
1	0,1188	38,323	68145	388
2	0,2396	38,68	79979	417
3	0,1163	42,2	76315	379
4	0,1191	38,413	83304	408
5	0,2394	38,58	88572	432
6	0,1164	42,1	81357	403
7	0,1187	39,78	86762	431
8	0,2423	41,52	72806	392
9	0,1165	38,12	77348	391
10	0,1116	37,893	78946	404

В начале проведем сортировку вариантов по критерию эффективности работы каждого варианта (табл.3).

Таблица 3. Ранжирование по эффективности работы:

Ранг	Вариант	Объем, м	Масса, кг	Цена, руб	Оценка эффективности
1	5	0,2394	38,58	88572	432
2	7	0,1187	39,78	86762	431
3	2	0,2396	38,68	79979	417
4	4	0,1191	38,413	83304	408
5	10	0,1116	37,893	78946	404
6	6	0,1164	42,1	81357	403
7	8	0,2423	41,52	72806	392
8	9	0,1165	38,12	77348	391
9	1	0,1188	38,323	68145	388
10	3	0,1163	42,2	76315	379

Вариант 5 оказался лучшим по выбранному показателю. Но он не является безусловно лучшим, так как уступает остальным вариантам по объему, цене и массе.

Поэтому проведем сортировку по оставшимся критериям (табл. 4).

Таблица 4. Ранжирование по массе:

Ранг	Вариант	Объем, м	Масса, кг	Цена, руб	Оценка эффективности
1	3	0,1163	42,2	76315	379
2	6	0,1164	42,1	81357	403
3	8	0,2423	41,52	72806	392
4	7	0,1187	39,78	86762	431
5	2	0,2396	38,68	79979	417
6	5	0,2394	38,58	88572	432
7	4	0,1191	38,413	83304	408
8	1	0,1188	38,323	68145	388
9	9	0,1165	38,12	77348	391
10	10	0,1116	37,893	78946	404

Таблица 5. Ранжирование по объему:

Ранг	Вариант	Объем, м	Масса, кг	Цена, руб	Оценка эффективности
1	8	0,2423	41,52	72806	392
2	2	0,2396	38,68	79979	417
3	5	0,2394	38,58	88572	432
4	4	0,1191	38,413	83304	408
5	1	0,1188	38,323	68145	388
6	7	0,1187	39,78	86762	431
7	9	0,1165	38,12	77348	391
8	6	0,1164	42,1	81357	403
9	3	0,1163	42,2	76315	379
10	10	0,1116	37,893	78946	404

Таблица 6. Ранжирование по цене:

Ранг	Вариант	Объем, м	Масса, кг	Цена, руб	Оценка эффективности
1	5	0,2394	38,58	88572	432
2	7	0,1187	39,78	86762	431
3	4	0,1191	38,413	83304	408
4	6	0,1164	42,1	81357	403
5	2	0,2396	38,68	79979	417
6	10	0,1116	37,893	78946	404
7	9	0,1165	38,12	77348	391
8	3	0,1163	42,2	76315	379
9	8	0,2423	41,52	72806	392
10	1	0,1188	38,323	68145	388

Присвоим каждому варианту ранги согласно его положению в предыдущих таблицах (табл. 7):

Таблица 7

№	Ранг массы	Ранг объема	Ранг цены	Ранг оценки эффективности	Суммарный ранг
1	8	5	10	9	32
2	5	2	5	3	15
3	1	9	8	10	28
4	7	4	3	4	18
5	2	3	1	1	7
6	5	8	4	6	23
7	4	6	2	2	14
8	3	1	9	7	20
9	9	7	7	8	31
10	10	10	6	5	31

Таким образом, определили, что наилучшим вариантом построения набора периферийных устройств является вариант 5, ранг которого, по сравнению с остальными вариантами, выше.

Таблица 6. Оптимальный состав периферийных устройств:

Дорожный контроллер	ДК «Каскад» ДК Л8
Детектор транспорта	ТТ 262 производства ASIM
Видеокамера купольного вида	RVi-123ME
100 мегабитный коммутатор	D-Link DES-1005A
Гигабитный коммутатор	D-link DES-3526

4. Заключение

В работе предложен подход, позволяющий систематизировано решить большинство из перечисленных проблем за счет создания унифицированной многоуровневой архитектуры ИТС. Рассмотрен аппаратный комплекс дорожного мониторинга и управления движением, в состав которого входит дорожный контроллер, детектор

транспорта, видеокамера купольного типа, 100 мегабитный коммутатор, гигабитный коммутатор. Представлен наилучший выбор оптимального аппаратного состава телематической платформы интеллектуальной транспортной системы.

Список используемых источников

1. Анцев Г.В., Сарычев В.А., Барсукова Е.Л. Информационные ресурсы обеспечения функционирования интеллектуального и мультимодального транспорта// Проблемы интеллектуального и военного транспорта. СПб.: Логос. 2005. № 6. С. 151-157.
2. Ефанов В.Н., Саяпова Л.Р. Телекоммуникационные и интеллектуальные технологии в системах автомобильной навигации// Мир авионики: Журнал Национальной ассоциации авиаприборостроителей. 2010. №4. С. 28-37.