

Модульный подход к коммуникационному протоколу и стандарту для мультимедийной информации (обзор)¹

Марк Ш. Левин

**Институт проблем передачи информации, Российская академия наук
Большой Каретный пер. 19, Москва 127994, Россия
email: mslevin@acm.org*

Поступила в редколлегию 13.12.2012

Аннотация—В статье рассматривается модульный подход к проектированию коммуникационного протокола и стандарта типа MPEG для обработки мультимедийной информации. В данной области, три задачи могут быть рассмотрены: (i) выбор, (ii) композиция, (iii) комбинаторная эволюция и прогнозирование. Данная работа посвящена задаче композиции. Протокол ZigBee для беспроводных сенсорных сетей исследуется как пример для модульного проектирования. Обобщенный стандарт типа MPEG также использован как пример. Морфологическое проектирование использовано для композиции элементов (компонентов) протокол/стандарта. Процесс решения базируется на Иерархическом морфологическом многокритериальном проектировании (ИММП): (а) выбор альтернатив для компонентов системы, (б) синтез отобранных альтернатив в результирующую комбинацию. Числовые примеры иллюстрируют процесс проектирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модульная система, коммуникационный протокол, сенсорная сеть, беспроводная связь, мультимедийная информация, стандарт передачи информации, модульное проектирование, комбинаторный синтез

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Предварительные замечания

В течение последней декады, интенсивно исследуются различные вопросы протоколов для беспроводных сетей и стандарты обработки мультимедийной информации ([2], [3], [4], [7], [8], [10], [12], [14], [17], [31], [35] [38]). В последние несколько лет, появились исследования, направленные на многокритериальный анализ и выбор наилучшего протокола и стандарта ([13], [16], [33]). Следует также отметить новый тренд в области коммуникационных протоколов и стандартов на основе их представления как комбинации элементов (например, правил, алгоритмов и др.) ([9], [24], [25], [30]). Такой подход является основой для иерархической композиции (конфигурации) протоколов из элементов. Это направление близко к следующим современным подходам на основе композиции: адаптивные программы ([27], [37]), алгоритмы ([11], [29], сервисы ([15], [36]).

В данной обзорной статье описывается модульное проектирование (композиция) коммуникационного протокола и стандарта типа MPEG для обработки мультимедийной информации на основе нескольких статей автора ([22], [24], [25], [26]). Некоторые базовые подходы к использованию и исследованию коммуникационных протоколов и стандартов для обработки мультимедийной информации указаны в Таблице 1. Два представленных в данной статье числовых

¹ Данная работа частично поддержана грантом Министерства образования и науки Российской Федерации “Методы обеспечения качества обслуживания при доступе к широкополосным мультимедийным услугам в беспроводных самоорганизующихся сетях” (заявка 2012-1.2.1.-12-000-2006-009).

примера являются модификациями примеров из статей ([22], [24]). Эти примеры включают: иерархическую (древовидную) структуру системы, проектные альтернативы (DAs) для частей/компонентов системы, процесс решения. Экспертные суждения использованы для оценивания DAs. Оценки и процесс вычисления имеют иллюстративный характер, но могут быть использованы как основа для реальных приложений.

Таблица 1. Подходы к протоколам/стандартам

Основные задачи	Источник
1. Применение базового протокола для беспроводной связи	[2],[3],[12],[14]
2. Гибридный протокол для беспроводной связи	[4]
3. Динамический выбор протокола, обновление (upgrade)	[16],[32],[33],[34]
4. Реконфигурируемый стек протоколов	[5],[9],[39]
5. Само-организуемый стек протоколов	[1]
6. Динамическая архитектура протокола, общей схемы	[1],[30]
7. Комбинаторный синтез протокола ZigBee для беспроводных сенсорных сетей	[22]
8. Комбинаторная эволюция протокола ZigBee для беспроводных сенсорных сетей	[25],[26]
9. Структурный подход к стандартам для мультимедийной информации	[6],[7],[8],[17],[18],[28],[38]
10. Многокритериальный выбор алгоритмов обработки для мультимедийной информации	[13]
11. Комбинаторная эволюция стандартов для мультимедийной информации	[24]

1.2. Схема обработки

Традиционная схема обработки входной информации (например, сигнал, последовательность изображений, прикладная ситуация) имеет вид:

Входные данные \implies *Метод обработки* \implies *Результаты*

Очевидно, адаптация *метода обработки* (или алгоритма, набора правил обработки) может быть основана на специальном предварительном анализе *входа*, чтобы модифицировать *метод обработки* для соответствия имеющемуся *входу*. В работе [23], представлены следующие типовые случаи для модификации *метода обработки*: (1) использование базового (т.е., исходного) метода, (2) модификация имеющегося метод для получения метода, который соответствует имеющемуся *входу*, (3) выбор метода для применений из библиотеки методов с учетом типа имеющегося *входа*, (4) модульное проектирование метода на основе библиотеки компонентов методов с учетом типа имеющегося *входа*.

Рис. 1 and Рис. 2 иллюстрируют два указанных случая (3) и (4). Отметим, многокритериальный анализ алгоритмов для обработки последовательности изображений представлен в работе [13]: (а) определение набора типовых последовательностей изображений, (б) многокритериальный анализ алгоритмов для обработки последовательности изображений для выделения множества Парето-оптимальных алгоритмов для каждого типа последовательностей изображений. Такой анализ является базой для применения схемы, соответствующей Рис. 1, для обработки последовательностей изображений в реальном времени.

Аналогично, можно рассмотреть такой подход для коммуникационного протокола. Например, имеется стек (база) протоколов и в реальном времени осуществляется выбор наилучшего протокола для имеющейся конкретной входной ситуации ([5], [9], [16], [32], [33], [39]).

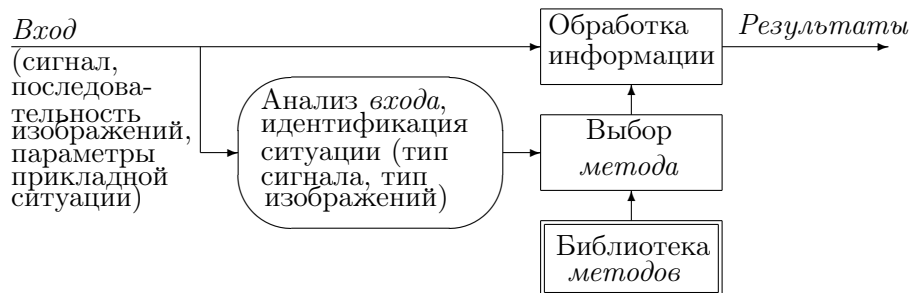


Рис. 1. Обработка на основе выбора метода

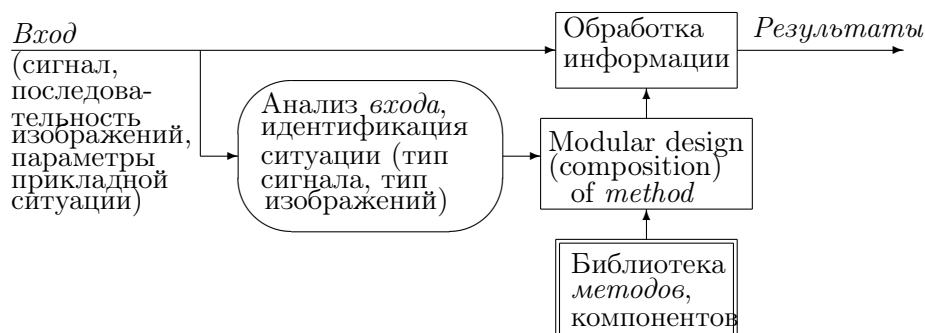


Рис. 2. Обработка на основе модульного проектирования метода

В работе [22], коммуникационный протокол ZigBee формируется на основе базовых компонентов (иерархическое модульное проектирование), т.е., реализуется схема, соответствующая Рис. 2.

1.3. Комбинаторный синтез

Комбинаторный синтез основан на применении Иерархического морфологического многокритериального проектирования (ИММП) (иерархическая схема 'снизу-вверх') ([19],[20],[21]). Рассматриваемая составная система включает компоненты и их взаимосвязи или совместимость (IC). Используются следующие предположения: (а) древовидная структура системы; (б) составная оценка качества системы, которая интегрирует качество компонентов (частей) и качество их совместимости; (в) монотонность критериев оценивания системы и ее компонентов; (г) качество компонентов системы и их совместимости оценивается на основе координированных порядковых шкал. Используются следующие обозначения: (1) проектная альтернатива (DAs) для висячей вершин модели системы; (2) приоритеты проектной альтернативы DAs ($i = \overline{1, l}$; 1 соответствует наилучшему уровню); (3) порядковая совместимость для каждой пары DAs (которые являются сыновьями одной вершины модели системы) ($w = \overline{1, \nu}$; ν соответствует наилучшему уровню). Пусть система S состоит из m частей (компонентов): $R(1), \dots, R(i), \dots, R(m)$. Множества проектных альтернатив генерируется для каждой части системы. Получаем следующую задачу:

Найти составную альтернативу (комбинацию базовых альтернатив) $S = S(1) \star \dots \star S(i) \star \dots \star S(m)$ (один представитель $S(i)$ для каждой части системы $R(i)$, $i = \overline{1, m}$) с ненулевой совместимостью между альтернативами.

Для оценивания качества системы (т.е., получаемой составной альтернативы) используется "решетка" (частично упорядоченное множество) на основе вектора: $N(S) = (w(S); e(S))$, где $w(S)$ - минимум парной совместимости между альтернативами в решении (т.е., $\forall R_{j_1}$ и R_{j_2} , $1 \leq j_1 \neq j_2 \leq m$) в S , $e(S) = (\eta_1, \dots, \eta_\iota, \dots, \eta_l)$, где η_ι - число DAs на уровне ι в S . Таким образом, формальная постановка имеет вид: $\max e(S)$, $\max w(S)$, *s.t.* $w(S) \geq 1$. В результате, ищется решение, которое является Парето-оптимальным по вектору $N(S)$. Эта комбинаторная задача относится к классу NP-трудных задач, используются эвристики или переборный алгоритм (для случая небольшой размерности).

2. СИНТЕЗ КОММУНИКАЦИОННОГО ПРОТОКОЛА

Данный раздел ¹ содержит описание модульного проектирования коммуникационного протокола ZigBee. Используется упрощенная иерархическая модель протокола ZigBee (Рис. 3):

1. Разрешение интерференции $A = X \star J$:

1.1. Начальная процедура выявления канала X : X_0 (нет), X_1 (PAN координатор выбирает наилучший доступный RF канал / идентификация сети в начальный момент),

1.2. Желаемый канал J : J_0 (нет), J_1 (Выявление происходящей интерференции и использование нового операционного RF канала и/или идентификатора сети).

2. Автоматическое / распределенное адресное управление B : B_0 (нет), B_1 (Автоматическое назначение адреса устройства на основе использования иерархической, распределенной схемы). B_2 (Автоматическое назначение адреса устройства на основе использования стохастической схемы).

3. Групповая адресация I : I_0 (нет), I_1 (устройства могут назначаться для группы, целая группа может быть адресована на основе одной схемы).

4. Централизованный сбор данных $C = G \star H \star Q \star V \star P$:

4.1. Сбор данных на основе 6LoWPAN координатора G : G_0 (нет), G_1 (полная поддержка).

4.2 Сбор данных на основе других устройств H : H_0 (нет), H_1 (с помощью специального оборудования).

4.3. Маршрутизация "много-один" Q : Q_0 (нет), Q_1 (Сеть выявляет агрегатор за один шаг).

4.4. Поддержка режимов multicast/broadcast на основе 6LoWPAN V : V_0 (нет), V_1 (flooding), V_2 (путь к PAN координатору),

4.5. Маршрутизация источника P . P_0 (нет), P_1 (Агрегатор отвечает всем отправителям в экономном режиме).

5. Масштабируемость, размеры $R = D \star E \star Z$:

5.1. Масштабируемость сети D : D_0 (нет), D_1 (шкала сети ограничена адресующим алгоритмом; обычно, сети с десятками/сотнями устройств поддерживаются), D_2 (адресующий алгоритм уменьшает размер сети, поддерживаются сети с сотнями/тысячами устройств).

5.2. Размер сообщения E : E_0 (нет), E_1 (< 100 бит; точный размер зависит от используемого сервиса, который поддерживается), E_2 (большой размер сообщения, до возможного размеров буферов устройств получателя и отправителя, которые поддерживаются на основе фрагментации и ре-сборки), E_3 (большой размер сообщения, до возможного размеров буфе-

¹ Из статьи: M.Sh. Levin, Combinatorial synthesis of communication protocol ZigBee with interval multiset estimates. *4th Int. Congress on Ultra Modern Telecomm. & Control Systems ICUMT-2012*, St. Petersburg, Russia, 2012, pp. 29-34.

ров устройств получателя и отправителя, на основе использования 6LoWPAN фрагментации и ре-сборки),

5.3. Стандартизированная комиссия Z : Z_0 (нет), Z_1 поддержка на основе стандартной "старт-ап" процедуры и параметров для использования комиссионных средств в мультипользовательской среде

6. Поддержка сети $Y = F \star L \star W$:

6.1. Робастная ячеистая сеть F : **6.1.1.** 6LoWPAN - подходы U : U_0 (нет), U_1 ("над-маршрут"), U_2 ("под-ячейка"). **6.1.2.** Таблицы соседства T : T_0 (нет), T_1 (на каждом устройстве).

6.2. поддержка библиотеки кластеров L : L_0 (нет), L_1 (типичное поведение между профилями).

6.3. Поддержка Веб сервисов W : W_0 (нет), W_1 (сжатые HTTP с XML данными).

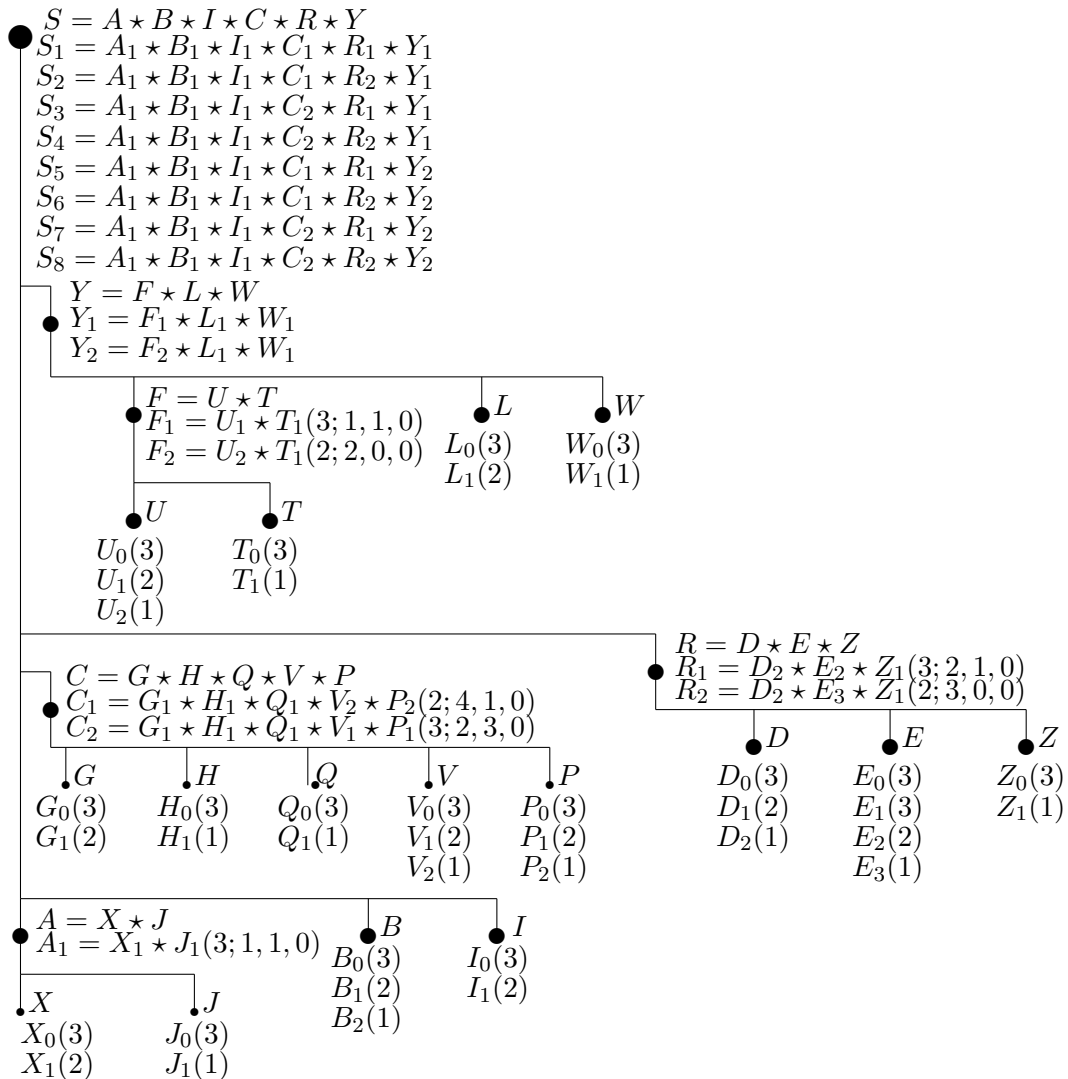


Рис. 3. Общая структура протокола ZigBee [22]

Порядковые оценки для DAs (шкала [1, 2, 3]) представлены на Рис. 3 (в круглых скобках, экспертные суждения, иллюстративный характер). Оценки совместимости (порядковая шкала

[0, 1, 2, 3]) представлены в Таблице 2 и Таблице 3 (экспертные суждения, иллюстративный характер).

Получаются следующие промежуточные составные DAs для подсистем: (1) $A_1 = X_1 \star J_1$, $N(A_1) = (3; 1, 1, 0)$; (2) $C_1 = G_1 \star H_1 \star Q_1 \star V_2 \star P_2$, $N(C_1) = (2; 4, 1, 0)$; (3) $C_2 = G_1 \star H_1 \star Q_1 \star V_1 \star P_1$, $N(C_2) = (3; 2, 3, 0)$; (4) $R_1 = D_2 \star E_3 \star Z_1$, $N(R_1) = (3; 2, 1, 0)$; (5) $R_2 = D_1 \star E_2 \star Z_1$, $N(R_2) = (2; 3, 0, 0)$; (6) $F_1 = U_2 \star T_1$, $N(F_1) = (3; 1, 1, 0)$; (7) $F_2 = U_2 \star T_1$, $N(F_2) = (2; 2, 0, 0)$; (8) $Y_1 = F_1 \star L_3 \star W_1$; (9) $Y_2 = F_2 \star L_3 \star W_1$.

Рис. 4 иллюстрирует "пространство" качества для подсистемы C.

Таблица 2. Оценки совместимости [22]

	H_0	H_1	Q_0	Q_1	V_0	V_1	V_2	P_0	P_1	P_2		E_0	E_1	E_2	E_3	Z_0	Z_1
G_0	3	2	3	2	3	1	3	0	1	1							
G_1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2							
H_0			2	1	1	2	1	1	1	1	D_0	1	1	1	1	0	1
H_1			0	3	1	3	3	1	3	2	D_1	2	3	3	3	1	3
Q_0					2	0	1	1	1	1	D_2	2	3	3	3	1	3
Q_1					0	3	3	1	3	2	E_0					1	1
V_0								2	1	1	E_1					1	2
V_1								1	3	2	E_2					1	3
V_2								1	2	3	E_3					1	2

Таблица 3. Оценки совместимости [22]

			T_0	T_1	L_0	L_1	W_0	W_1	B_0	B_1	B_2	I_0	I_1			
	J_0	J_1	U_0	0	1	F_1	0	3	1	3	A_1	0	3	3	1	3
X_0	0	2	U_1	1	3	F_2	1	3	1	3	B_0				1	1
X_1	2	3	U_2	2	2	L_0			0	1	B_1				1	3
						L_1			0	3	B_2				1	3

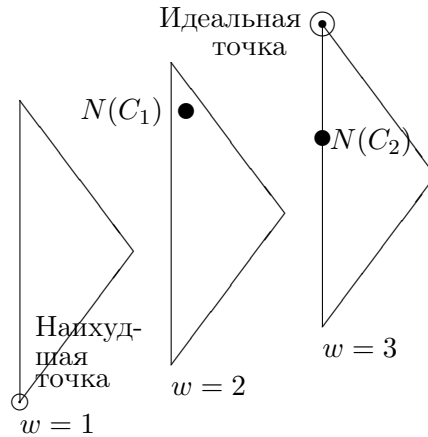


Рис. 4. Качество C

Для системы получаются восемь альтернативных решений: $S_1 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_1 \star R_1 \star Y_1$, $S_2 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_1 \star R_2 \star Y_1$, $S_3 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_2 \star R_1 \star Y_1$, $S_4 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_2 \star R_2 \star Y_1$, $S_5 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_1 \star R_1 \star Y_2$, $S_6 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_1 \star R_2 \star Y_2$, $S_7 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_2 \star R_1 \star Y_2$, $S_8 = A_1 \star B_1 \star I_1 \star C_2 \star R_2 \star Y_2$.

Заметим, исходное множество возможных решений включает 995328 комбинаций.

3. КОМПОЗИЦИЯ СТАНДАРТА ДЛЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Данный раздел ² содержит описание модульного проектирования стандарта для обработки мультимедийной информации (MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4). Рассматривается следующая технологическая схема: (1) *входные данные* (аудио, видео, данные синхронизации текста, синтетическая информация); (2) *обработка* (кодирование, передача по сети декодирование); (3) *выходные данные* (для человека, для прикладной системы). Очевидно, используются следующие требования (критерии): (i) качество результата (т.е., результирующей информации - после декодирования), (ii) затраты (стоимость, ошибки по времени и др.). Обычно, качество результирующих изображений оценивается на основе следующего: PSNR, задержки, ошибки, латентность, потери (например, потеря пакета, потеря кадра).

Обобщенная иерархическая структура стандарта типа MPEG имеет вид (Рис. 5; включая DAs для компонентов, оценки для DAs указаны в круглых скобках, порядковая шкала [1, 2, 3] [24]):

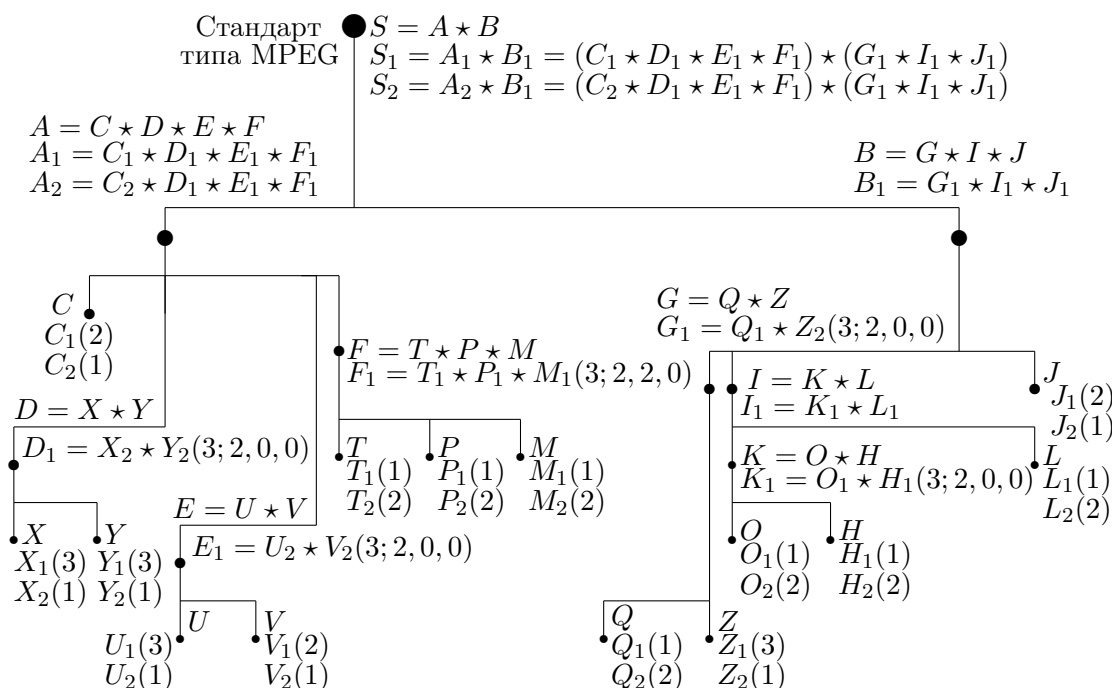


Рис. 5. Общая структура стандарта типа MPEG [24]

0. стандарт типа MPEG $S = A \star B$.

1. Общая часть $A = C \star B \star D \star E \star F$:

1.1. Прикладной уровень (видео-телефония, видео-конференция, цифровое вещание, цифровое хранение видео-информации, кабельное и спутниковое телевидение, видео-сервис по сети, DVD и др.) C : bit rate 64 kbit/s $C_1(2)$, bit rate 4 – 80 Mbit/s $C_2(1)$.

1.2. Режим качества по времени и изображению $D = X \star Y$: 1.2.1. режим по времени X : задержка $X_1(3)$, реальное время, малая задержка $X_2(1)$; 1.2.2. качество изображения Y : низкое $Y_1(3)$, хорошее $Y_2(1)$.

1.3. Формат $E = U \star V$: 1.3.1. Резолюция U : низкая $U_1(3)$, высокая U_1 ; 1.3.2. декомпозиция цвета V : базовая $V_1(2)$, высокий профиль $V_2(1)$.

² Из статьи: Levin M.Sh., Kruchkov O., Nadar O., Kaminsky E., Combinatorial systems evolution: Example of standard for multimedia information. *INFORMATICA*, 2009, vol. 20, no. 4, pp. 519-538.

1.4. Базовые операции $F = T \star P \star M$: *1.4.1.* Трансформирование T : базовый режим $T_1(1)$, цифровой Dolby $T_2(2)$; *1.4.2.* Особенности P : базовый режим $P_1(1)$, с масштабируемостью $P_2(2)$; *1.4.3.* Передача потоков (видео, аудио, синхронизация, тестирование, управление) M : базовый режим $M_1(1)$, использование медиа объектов $M_2(2)$.

2. Кодирование/сжатие $B = G \star I \star J$.

2.1. Базовые компоненты $G = Q \star W \star Z$: *2.1.1.* видео кодирование (методы трансформации в цифровые коды) Q : кодирование словами переменной длины коэффициентов структуры $Q_1(1)$, VLC таблицы для DCT (нелинейные) $Q_2(2)$; *2.1.2.* оценка движений (вектор и др.) Z : от -1024 до 1023 пикселей (для половины) $Z_1(3)$, от -2048 до 2047 пикселей (для полной) $Z_2(1)$.

2.2. Принципы и структура $I = K \star L$:

2.2.1. Принципы $K = O \star H$: *2.2.1.1.* Блоковая декомпозиция O : $16 \text{ times } 16$ (макроблок) и 8×8 (блок) $O_1(1)$, на основе объектов (VOB) $O_2(2)$; *2.2.1.2.* сканирование H : прогрессивное сканирование (zigzag) $H_1(1)$, альтернативное $H_2(2)$.

2.2.2. Структура (базовая схема обработки, расширенная схема обработки, 'открытая структура' включая транскодирование) L : базовый режим $L_1(1)$, разделение движения и данных текстуры $L_2(2)$.

2.3. Алгоритмы J : упрощенные $J_1(2)$ сложные $J_2(1)$.

Выше были использованы следующие обозначения: Dolby Digital (формат Dolby Digital), VLC (Variable-Length Coding), DCT (Discrete Cosine Transform).

Оценки совместимости приведены в Таблице 4 (экспертные суждения).

Получаются следующие промежуточные составные DAs для подсистем: (1) $D_1 = X_1 \star Y_1$, $N(D_1) = (3; 2, 0, 0)$; (2) $E_1 = U_1 \star V_1$, $N(E_1) = (3; 2, 0, 0)$; (3) $F_1 = T_1 \star P_1 \star M_1$, $N(F_1) = (3; 3, 0, 0)$; (4) $G_1 = Q_1 \star Z_1$, $N(G_1) = (2; 2, 0, 0)$; (5) $K_1 = O_1 \star H_1$, $N(K_1) = (2; 3, 0, 0)$.

Таблица 4. Оценки совместимости

				P_1	P_2	M_1	M_2										
	Y_1	Y_2		V_1	V_2	T_1	3	2	3	1		Z_1	Z_2		H_1	H_2	
X_1	2	3	U_1	1	2	T_2	1	3	1	3		Q_1	3	3	O_1	3	2
X_2	3	3	U_2	2	3	P_1			3	2		Q_2	2	3	O_2	2	3
						P_2			1	3							

Далее, комбинации для следующих более высоких иерархических уровней модели имеют вид: (а) $A_1 = C_1 \star D_1 \star E_1 \star F_1$, (б) $A_2 = C_2 \star D_1 \star E_1 \star F_1$, (в) $B_1 = G_1 \star I_1 \star J_1$.

Окончательно, получаются два альтернативных решения для системы:

$$S_1 = A_1 \star B_1 = (C_1 \star D_1 \star E_1 \star F_1) \star (G_1 \star I_1 \star J_1);$$

$$S_2 = A_2 \star B_1 = (C_2 \star D_1 \star E_1 \star F_1) \star (G_1 \star I_1 \star J_1).$$

Заметим, исходное множество возможных решений включает 16384 комбинации.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен модульный подход к коммуникационному протоколу и стандарту для обработки мультимедийной информации. Такой подход представляет собой основу для адаптации протоколов и стандартов в виде реконфигурирования (комбинирования элементов протоколов/стандартов).

В дальнейшем представляется интересными следующие направления исследований: 1. применение предложенного подхода к другим протоколам для беспроводной связи. 2. модульное

проектирование коммуникационных протоколов и стандартов обработки мультимедийной информации в режиме реального времени (модификация, конфигурация, обновление, включая имитационное моделирование и многокритериальный анализ результатов); 3. использование описанных прикладных примеров и проектного подхода в преподавании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. An L., Pung H.K., Zhou L., Design and implementation of a dynamic protocol framework. *Computer Communications*, 2006, vol. 29, no. 9, pp. 1309-1315.
2. Baronti P., Pillai P., Chook V.W.C., Chessa S., Cotta A., Hu Y.F., Wireless sensor network: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards. *Computer Communications*, 2007, vol. 30, no. 7, pp. 1655–1695.
3. Boukerche A., Turgut B., Aydin N., Ahmad M.Z., Boloni L., Turgut D., Routing protocols in ad hoc networks: survey. *Computer Networks*, 2011, vol. 55, no. 13, pp. 3032–3080.
4. Chang R.-S., Chen W.-Y., Wen Y.-F., Hybrid wireless network protocols. *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, 2003, vol. 52, no. 4, pp. 1099–1109.
5. Chen H., Zhou C., Huang X., Qing Y., Shi Y., Management of the reconfigurable protocol stack based on SDL for networked control systems. *Information Technology Journal*, 2010, vol. 9, no. 5, pp. 849–863.
6. Chiariglione L., The development of an integrated audiovisual coding standard: MPEG. *Proc. of the IEEE*, 1995, vol. 83, no. 2, pp. 151–157.
7. Chiariglione L., MPEG and multimedia communications. *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, 1997, vol. 7, no. 2, pp. 5–18.
8. Fogg C.E., Le Gall D.J., Mitchell, J.L., and W.B. Pennebaker, (Eds.), *MPEG Video. Compression Standard*. Kluwer, Boston, 2002.
9. Gazis V., Alanistioti N., Merakos L., Metadata design for reconfigurable protocol stacks in system beyond 3G. *Wireless Personal Communications*, 2006, vol. 36, no. 1, pp. 1-28.
10. Hoang D.T., Vitter J.S., *Efficient Algorithms for MPEG Video Compression*. Wiley, New York, 2002.
11. Hutter F., Hoos H.H., Leyton-Brown K., Stutzle T., ParamILS: an automatic algorithm configuration framework. *J. of Artificial Intelligence Research*, 2009, vol. 36, no. 1, pp. 267–306.
12. Jones C.E., Sivalingam K.M., Agarwal P., Chen J.C., A survey of energy efficient network protocols for wireless networks. *Wireless Networks*, 2001, vol. 7, no. 4, pp. 343–358.
13. Kamensky E., Hadar O., Multiparameter method for analysis and selection of motion estimation algorithms for video compression. *Multimedia Tools and Applications*, 2008, vol. 38, no. 1, pp. 119–146.
14. Karl H., Willig A., *Protocols and Architecture for Wireless Sensor Networks*. J.Wiley & Sons, New York, 2007.
15. Kirci E., Kuban E.K., Cicekli N.K., Automation composition of Web services with the abductive event calculus. *Information Sciences*, 2010, vol. 180, no. 19, pp. 3589–3613
16. Knudsen P.V., Madsen J., Integrating communication protocol selection with hardware/software code-sign. *IEEE Trans on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 1999, vol. 18, no. 8, pp. 1077–1095,
17. Kuhn P., *Algorithms, Complexity Analysis and VLSI Architectures for MPEG-4 Motion Estimation*. Kluwer, Boston, 1999.
18. Le Gall D., MPEG: A video compression standard for multimedia applications. *Comm. of the ACM*, 1991, vol. 34, no. 4, pp. 47–58.
19. Levin M.Sh., *Composite Systems Decisions*. New York: Springer, 2006.

20. Levin M.Sh., Combinatorial optimization in system configuration design, *Autom. & Remote Control*, 2009, vol. 70, no. 3, pp. 519–561.
21. Levin M.Sh., Morphological methods for design of modular systems (a survey) Electronic preprint. 20 pp., Jan. 9, 2012. <http://arxiv.org/abs/1201.1712> [cs.SE]
22. Levin M.Sh., Combinatorial synthesis of communication protocol ZigBee with interval multiset estimates. *4th Int. Congress on Ultra Modern Telecomm. & Control Systems ICUMT-2012*, St. Petersburg, Russia, 2012, pp. 29-34,
23. Levin M.Sh., Composite strategy for multicriteria ranking/sorting (methodological issues, examples) Electronic preprint. 24 pp., Nov. 9, 2012. <http://arxiv.org/abs/1211.2245> [math.OC]
24. Levin M.Sh., Kruchkov O., Hadar O., Kaminsky E., Combinatorial systems evolution: Example of Sstandard for multimedia information. *INFORMATICA*, 2009, vol. 20, no. 4, pp. 519-538.
25. Levin M.Sh., Andrushevich A., Kistler R., Klapproth A., Combinatorial evolution of ZigBee protocol. *2010 IEEE Region 8 Int. Conf. "SIBIRCON-2010"*, Irkutsk, vol. 1, 2010, pp. 314-319.
26. Levin M.Sh., Andrushevich A., Kistler R., Klapproth A., Combinatorial evolution and forecasting of communication protocol ZigBee. Electronic preprint. 6 pp., April 15, 2012. <http://arxiv.org/abs/1204.3259> [cs.NI]
27. McKeenly P.K., Sadjadi S.M., Kasten E.P., Cheng B.H.C., Composing adaptive software, *IEEE Computer*, 2004, vol. 37, no. 7, pp. 56-64.
28. Mitchell J.L., Pennebaker W.B., Fogg C.E., D.J. Legall (Eds.), *MPEG Video Compression Standard*. Chapman&Hall, London, 1996.
29. Muja M., Lowe D.G., Fast approximate nearest neighbors with automatic algorithm configuration. In: *Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications VISSAPP'09*, 2009, pp. 331-340.
30. Niamanesh M., Jalili R., DRAPS: A framework for dynamic reconfigurable protocol stacks. *J. of Information Science and Engineering*, 2009, vol. 25, pp. 827–841.
31. Pereira F., *The MPEG-4 Book*. Wiley, New York, 2002.
32. Rutti O., Schiper A., A predicate-based approach to dynamic protocol update in group communication. *Int. Parallel and Distributed Processing Symp. IPDPS 2008*, 2008, pp. 1–12.
33. Quenum J.G., Akinne S., Shehory O., Honiden S., Dynamic protocol selection in open and heterogeneous systems. *IEEE/WIC/ACM Int. Conf. on Intelligent Agent Technology*, 2006, pp. 333–341.
34. Shibata K., Okamura K., Araki K., Design and evaluation of dynamic protocol selection architecture for reliable multicast. *Symp. on Applications and the Internet (SAINT 2002)*, 2002, pp. 262–269.
35. Sohraby K., Minoli D., Znati T., *Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications*. Wiley, New York, 2007.
36. X. Song, W. Dou, A workflow framework for intelligent service composition. *Future Generation Computer Systems*, 2011, vol. 27, no. 5, pp. 627–636.
37. Stewart D.B., Volpe R.A., Khosta P.K., Design of dynamically reconfigurable real-time software using port-based objects. *IEEE Trans. on Software Engineering*, 1997, vol. 23, no. 12, pp. 759–776.
38. Watkinson J., *MPEG Handbook*. Butterworth-Heinemann, UK, 2001.
39. Zhou C.-J., Chen H., Qin Y.-Q., Shi Y.-F., Yu G.-C., Self-organization of reconfigurable protocol stack for networked control systems. *Int. J. of Automation and Control*, 2011, vol. 8, no. 2, pp. 221–235.

Modular Approach to Communication Protocol and Standard for Multimedia Information (survey)

Levin M.Sh.

The paper focuses on modular approach to design of communication protocol and MPEG-like standard for multimedia information processing. Generally, the following basic problems can be considered: (i) selection, (ii) composition, (iii) combinatorial evolution and forecasting. Here, composition problem is examined. Protocol ZigBee for wireless sensor network is studied as an example for the modular design. A generalized MPEG-like standard considered as a representative example as well. Morphological (modular) system design is used for composition of the elements (components) of protocol/standard. The solving process is based on Hierarchical Morphological Multicriteria Design (HMMD): (i) multicriteria selection of alternatives for system components, (ii) synthesis of the selected alternatives into a resultant combination. Numerical examples illustrate the design process.

KEYWORDS: modular system, communication protocol, sensor network, wireless communication, multimedia, standard for information transmission, modular design, combinatorial synthesis