

УДК 681.3.06:681.513.2(076.5)

А.И. Малезик, А.С. Остапенко, М.М. Цветков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ УПЛОТНЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВЫХ РЕГИСТРАТОРОВ ПРИ ЕЕ КОПИРОВАНИИ С НОСИТЕЛЯ

Рассмотрена проблема уменьшения требуемых объемов памяти ЭВМ для отображения последовательностей цифровых кодов регистрируемых сбоев данных, т.е. уплотнения параметрической информации. Сформулированы основные понятия и показатели уплотняемости, рассмотрены общие принципы машинного уплотнения и иллюстрирована динамика изменения значений показателей уплотняемости при копировании параметрической информации в реальных условиях. Результаты исследования могут быть использованы при анализе и синтезе машинных алгоритмов уплотнения параметрической информации

Одним из основополагающих принципов уплотнения параметрической информации является тот факт, что в процессе полета и регистрации коды контролируемых сигналов в большей или меньшей степени сохраняют постоянные значения на протяжении некоторых временных интервалов. Для примера в табл.1 показан график изменения значений угла тангажа самолета Ту-154 в процессе подъема передней стойки шасси на взлете по данным регистратора МСРП-64-2. Динамика изменения угла тангажа представлена в виде 21 точки. Из табл. 1 видно, что график можно рассматривать как 11 отрезков различной длины, причем в предельном случае одна точка тоже может рассматриваться как отрезок. Каждый отрезок имеет постоянный уровень значений кодов; для приведенного примера эти значения равны: 125, 127, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139. Для сохранения всех 21 значений кодов угла тангажа в памяти потребуется 21 машинное слово. Тем не менее информация об имевших место кодовых уровнях потребует только 11 слов, что составляет около 52% от первоначально выделенной памяти. В данном примере рассматривается только принцип запоминания имевших место кодовых уровней без фиксации длины этих уровней в виде соответствующего количества точек. Естественно, что введение такого дополнительного показателя снизит приведенный процент заполнения первоначально выделенной памяти. Тем не менее запись значений кодовых уровней отрезков, имевших место в течение заданного интервала наблюдения, уже можно рассматривать как упрощенную форму уплотнения информации.

На основе приведенного примера введем некоторые определения и обозначения показателей уплотняемости:

- интервал постоянства значений – совокупность идущих подряд точек полетного параметра, сохраняющих равные значения;
- длительность интервала постоянства T_i – количество точек заданного интервала постоянства значений;
- исходная память выборки M_i – объем памяти, требуемый для непосредственной записи значений параметра (параметров) заданного интервала (объем памяти может быть выражен в различных единицах, например, в битах, байтах, словах и т.д.);

- фактическая память выборки M_f – объем памяти, использованный для записи значений параметра (параметров) в уплотненном виде (объем памяти должен быть выражен в единицах, используемых для исходной памяти);
- коэффициент уплотнения K_u – отношение значения исходной памяти к соответствующему значению фактической памяти;
- коэффициент заполнения K_z ; $K_z = 1/K_u$;
- изменение параметра – ситуация, при которой имеет место неравенство значений для двух рядом стоящих точек параметра; данная ситуация характерна появлением очередного интервала постоянства.

Таблица 1

Изменяемость кодов угла тангажа при подъеме передней стойки шасси

Точка	Угол тангажа		График T_g
	T_g , код	T_g , град	
1	125	-1.9	*
2	125	-1.9	*
3	125	-1.9	*
4	125	-1.9	*
5	125	-1.9	*
6	127	-0.6	*
7	129	0.7	*
8	132	2.6	*
9	133	3.3	*
10	134	3.9	*
11	134	3.9	*
12	134	3.9	*
13	135	4.6	*
14	136	5.3	*
15	137	5.9	*
16	138	6.6	*
17	138	6.6	*
18	138	6.6	*
19	139	7.2	*
20	139	7.2	*
21	139	7.2	*

Количество интервалов постоянства параметра K_{in} определяется количеством изменений этого параметра

$$K_{in} = K_{iz} + 1, \quad (1)$$

где K_{iz} – количество изменений.

Исходная память кадра параметрической информации, выраженная в машинных словах, определяется соотношением

$$M_i = L_k, \quad (2)$$

где L_k – длина кадра, т.е. количество каналов регистрации параметров.

Рассмотрим некоторый интервал полета, насчитывающий n точек (кадров). Пусть в процессе наблюдения за всеми параметрами кадра внутри данного интервала отмечено K_{iz} изменений, что отражено в соотношении

$$K_{iz} = \sum_{j=1}^{L_k} K_{iz}[j], \quad (3)$$

где $K_{iz}[j]$ – число изменений j -го параметра кадра.

Соответствующее число интервалов постоянства всех параметров кадра K_{in} определится равенством

$$K_{in} = \sum_{j=1}^{L_k} K_{in}[j] = \sum_{j=1}^{L_k} (K_{iz}[j] + 1) = K_{iz} + L_k.$$

Фактическая память, требуемая для данного интервала при упрощенном описании уплотнения в виде записи только кодов уровней интервалов постоянства всех параметров без фиксации их длины, равна K_{in} , т.е.

$$M_f = K_{in}.$$

Исходная память этого же интервала M_i определяется равенством

$$M_i = n * L_k.$$

Соответствующее значение коэффициента уплотнения K_u вычисляется по формуле

$$K_u = \frac{M_i}{M_f} = \frac{n * L_k}{K_{in}}.$$

Следует отметить, что свойства уплотняемости параметрической информации существенно зависят от динамики изменения контролируемых сигналов, определяемой текущим этапом полета. Для иллюстрации этого высказывания рассмотрим полет полного профиля самолета Ту-154 от взлета до посадки, условно разделенный на интервалы длительностью 2,5 мин. Регистрация параметров полета выполнялась с помощью регистратора МСРП-64-2, длина кадра которого равна 64 канала. В табл.2. показан пример динамики изменения показателей уплотняемости всех параметров кадра в зависимости от этапов полета. Рассмотрен упрощенный способ уплотнения, учитывающий только количество интервалов постоянства без учета их длительности.

В табл. 2 приведены значения K_{in} , K_z и начальные значения барометрической высоты полета для каждого интервала в 2,5 мин. При этом одновременно рассмотрены все 64 канала как отдельные регистрируемые сигналы. График изменения K_z показывает степень использования исходной памяти для каждого интервала. Очевидно, что наибольшее заполнение соответствует этапам взлета и посадки, на которых обычно наблюдается интенсивное изменение значений целого ряда контролируемых сигналов, снижающее значение коэффициента уплотнения и, соответственно, повышающее значение коэффициента заполнения.

Следует отметить, что на значения K_u , K_z , влияет не только этап полета, но и тип уплотняемого сигнала. В качестве примера этого утверждения приведена таблица значений K_z по следующим регистрируемым параметрам рассматриваемого полета:

– барометрической высоте H_b ;

- геометрической высоте H_g ;
- приборной скорости V ;
- группе разовых команд, регистрируемых по 56 каналу разовых команд, $Rk56$;
- углу тангажа T_g ;
- углу отклонения руля высоты R_h ;
- положению рычага управления первого двигателя $Ar1$;
- ходу траверсы рулевого агрегата канала тангажа X_{gat} .

Таблица 2

Динамика изменения уплотняемости ПИ в процессе полета самолета Ту-154

Точка	K_i	K_z	H_b	График K_z	График H_b	Этапы
1	4427	0,23	0	*	*	Взлет
2	5581	0,29	1080	*	*	
3	3821	0,20	3150	*	*	Набор высоты
4	3107	0,16	5085	*	*	
5	2443	0,13	6615	*	*	
6	3118	0,16	7200	*	*	
7	3009	0,16	7200	*	*	
8	2279	0,12	7965	*	*	
9	2433	0,13	8100	*	*	Эшелон
10	1692	0,09	8100	*	*	
11	1980	0,10	8100	*	*	
12	1641	0,09	8100	*	*	
13	1667	0,09	8100	*	*	
14	2739	0,14	8100	*	*	
15	1853	0,10	8100	*	*	
16	1554	0,08	8100	*	*	
17	2051	0,11	8100	*	*	
18	1699	0,09	8100	*	*	
19	2255	0,12	7065	*	*	Снижение
20	2561	0,13	5130	*	*	
21	2060	0,11	3015	*	*	
22	2510	0,13	2205	*	*	
23	2937	0,15	1890	*	*	Заход на посадку, посадка
24	2727	0,14	810	*	*	
25	4959	0,26	495	*	*	
26	6419	0,33	225	*	*	
27	5504	0,29	0	*	*	Весь полет
	-	15	-	-	-	

Данные табл.3 демонстрируют большой разброс значений коэффициентов уплотнения различных параметров как в течение всего полета, так и в зависимости от конкретного сигнала. Кроме того, данные таблицы позволяют сделать следующие выводы:

– даже в пределах приведенного ограниченного перечня параметров можно выделить сигналы большей и меньшей изменяемости независимо от этапа полета, например, сигнал R_h всегда более динамичен, а следовательно, менее уплотняем, чем сигнал T_g ;

– независимо от этапа полета наблюдается низкая изменяемость кодов разовых команд $Rk56$, что характерно не только для данной группы, но и для разовых команд вообще;

– наибольшая динамика изменения и, следовательно, значение коэффициента заполнения наблюдается на всех этапах у сигнала X_{rat} , являющегося примером группы сигналов, слабо поддающихся уплотнению.

Таблица 3

Значения коэффициентов заполнения регистрируемых параметров в зависимости от этапа полета

H_b	H_g	V	$Rk56$	T_g	R_h	$Ar1$	X_{rat}	Этапы
0.08	0.23	0.28	0.07	0.23	0.42	0.17	0.70	Взлет
0.13	0.01	0.10	0.01	0.07	0.25	0.08	0.73	Набор
0.03	0.01	0.05	0.01	0.03	0.04	0.06	0.86	Эшелон
0.13	0.01	0.08	0.01	0.09	0.14	0.17	0.57	Снижение
0.06	0.40	0.18	0.03	0.18	0.65	0.34	0.87	Заход

Приведенные и некоторые другие особенности полетных параметров могут быть использованы при разработке алгоритмов их уплотнения и архивирования, основанных на таких факторах, как наличие интервалов постоянства значений регистрируемых сигналов; возможность нормализации значений уплотняемых сигналов; представление пространства машинных слов в виде сплошного битового пространства; априорные данные о физической природе, диапазоне изменения, динамических свойствах и взаимном влиянии полетных параметров.

Список литературы

1. *Малежик А.И.* Основы компьютерных технологий оперативного контроля полетов воздушных судов по полетной информации. –К.: КМУГА, 1996. –124 с.

Стаття надійшла до редакції 2 грудня 1999 року.