

# Лекция 15. Сигналы СРНС Beidou

## ИКД:

1. BDS-SIS-ICD-2.0 (B1I, B2I)
2. Open Service Signal B1C
3. Open Service Signal B3I
4. Open Service Signal B2a
5. Open Service Signal B2b
6. Precise Point Positioning Service Signal PPP-B2b



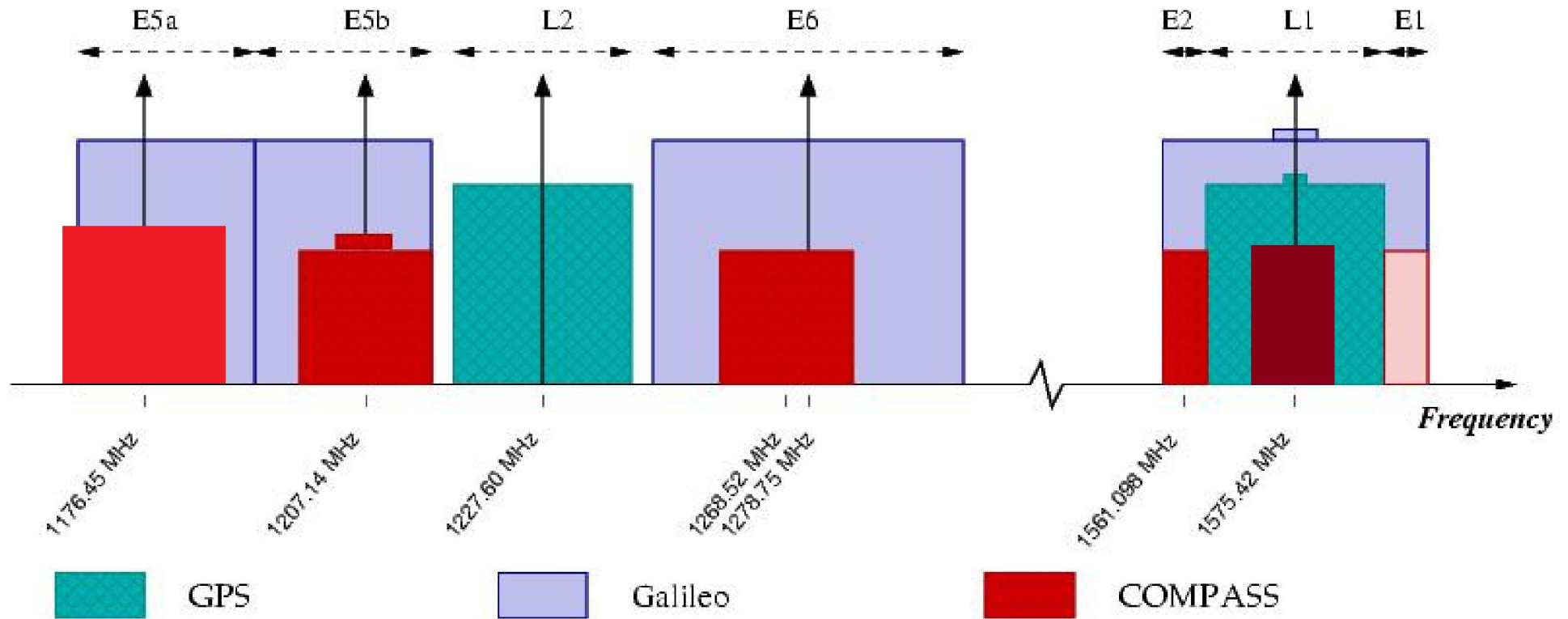
# Общие характеристики

- **Разделение сигналов - кодовое**
- **Количество НКА в группировке – 30 (24MEO+3GEO+3IGSO)**
- **Высота орбиты – 21528(MEO) / 35786(GEO,IGSO) км**
- **Наклонение орбиты – 55° (MEO,IGSO)**
- **Шкала времени – непрерывная WN:TOW, начинается 00:00:00 01.01.2006, расхождение не более 50 нс от UTC(NTSC) по модулю 1 секунда**
- **Система координат – CGCS2000 (координируется с IERS, близка к ПЗ-90.11 и WGS-84)**

# Типы сигналов Beidou

- **B1I** - открытые сигналы с модуляцией BPSK(2) в диапазоне L1;
- **B1Q** - сигналы санкционированного доступа BPSK(2) в диапазоне L1;
- **B2I** – открытые сигналы с модуляцией BPSK(2) в диапазоне L3 (на частоте Galileo E5b) (устарели, только в BDS-2);
- **B2Q** - сигналы санкционированного доступа с модуляцией BPSK(10) в диапазоне L3 (на частоте Galileo E5b) (устарели, только в BDS-2);
- **B1C** - открытые сигналы BOC(1,1)/QMBOC(6,1,4/33) в диапазоне GPS L1;
- **B1A** - сигналы BOC(14,2) санкционированного доступа в диапазоне GPS L1;
- **B2a** - открытые сигналы с модуляцией QPSK(10) в диапазоне GPS L5;
- **PPP–B2b** - открытые сигналы с модуляцией QPSK(10) в диапазоне L3 (на частоте Galileo E5b) для высокоточного местоопределения (PPP);
- **B2b** – открытые сигналы QPSK(10) в диапазоне L3 (на частоте Galileo E5b);
- **B3I** – открытые сигналы BPSK(10) в диапазоне L2 (1268.52 МГц);
- **B3Q** – сигналы санкционированного доступа BPSK(10) в диапазоне L2;
- **B3A** – сигналы санкционированного доступа с модуляцией BOC(15,2.5) в диапазоне L2 (1268.52 МГц).

# Частотный план Beidou



**B1: 1561.098 МГц**

**B2: 1207.14 МГц**

**B3: 1268.52 МГц**

**B2a: 1176.45 МГц**

**B1C: 1575.42 МГц**



# Сигнал В1С

Похожие сигналы: GPS L1C, Galileo E1-B/C

Компоненты: Data (1/4) + Pilot (3/4)

Уплотнение компонент: сумма комплексных огибающих

Модуляция: В1С\_data – ВОС(1,1); В1С\_pilot – QМВОС(6,1,4/33)

$$\begin{aligned} \dot{s}_{B1C,k}(t) &= A \cdot \frac{1}{2} \cdot G_{B1Cd,k}(t) \cdot G_{HC,k}(t) \cdot sc1(t) + && \leftarrow \text{data} \\ &+ A \cdot G_{B1Cp,k}(t) \cdot G_{OK,k}(t) \cdot \left( \sqrt{\frac{1}{11}} \cdot sc6(t) + j \sqrt{\frac{29}{44}} \cdot sc1(t) \right) && \leftarrow \text{pilot} \\ s_{B1C,k}(t) &= \text{Re} \left\{ \dot{s}_{B1C,k}(t) \cdot \exp(j \cdot 2\pi f_{B1C} t + \varphi_0) \right\} \end{aligned}$$

$k$  – номер сигнала;

$B1Cd$ ,  $B1Cp$  – дальномерные коды (10 мс);

$HC$  – навигационное сообщение;

$OK$  – оверлейный код;

$sc1(t)$  – цифровая поднесущая с частотой  $1 \times 1.023$  МГц - ВОС(1,1);

$sc6(t)$  – цифровая поднесущая с частотой  $6 \times 1.023$  МГц - ВОС(6,1).

$$G_{xxx}(t) = \{\pm 1\}$$

$$f_{B1C} = 1575,42 \text{ МГц}$$

# Характеристики бинарных модулирующих последовательностей B1C

Последовательность	$G_{B1Cd,k}(t)$	$G_{HC}(t)$	$G_{B1Cp,k}(t)$	$G_{OK,k}(t)$	$sc1(t)$	$sc6(t)$
Длительность элементарного символа $\tau_s$	1/1023 мс	10 мс	1/1023 мс	10 мс	1/2046 мс	1/12276 мс
Период $T$	10230 бит 10 мс	-	10230 бит 10 мс	1800 бит 18 с	1/1023 мс	1/6138 мс

## Дальномерные коды B1Cd, B1Cp (в информационном и в пилотном сигналах)

Тип: усеченные коды Вейла (не как в GPS L1C)

Частота выборки символов:  $F_T = 1,023$  Мбит/с

## Оверлейный (secondary) код (в пилотном сигнале B1Cp)

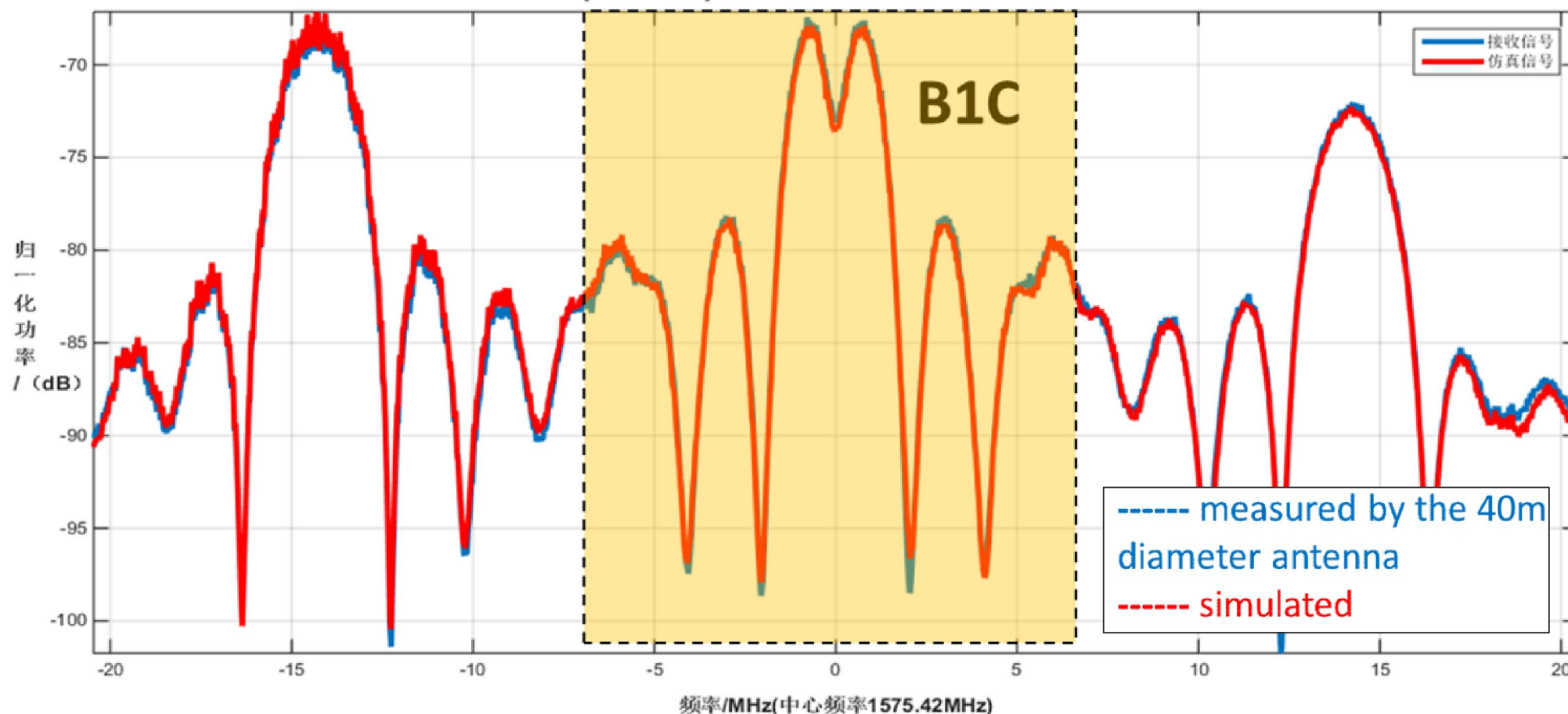
Тип: усеченные коды Вейла длиной  $L=1800$  бит

Частота выборки символов:  $F_{OK} = 100$  бит/с

Для каждого сигнала – свой уникальный оверлейный код

# Спектр сигнала В1С

Определяется видом модуляции:  
40/44 ВОС(1,1) + 1/11 ВОС(6,1)



Частота (МГц) относительно несущей 1575.42 МГц

Signal	Satellite type	Minimum received power (dBW)*
B1C	MEO satellite	-159
	IGSO satellite	-161

# Формирование дальномерных кодов сигнала В1С

Усеченные коды Вейла (длиной 10230 бит) формируются из последовательности Лежандра (L) длиной 10243 бита.

Последовательность Лежандра  $L(k)$  длины  $N$  задана как:

$L(k) = 1$  при  $k \neq 0$  и если существует такое целое  $m$ , что  $k = (m^2 \bmod N)$ ;  
 $L(k) = 0$  во всех остальных случаях.

$$W_k(w) = L_k \oplus L_{(k+w) \bmod 10243}, \quad k = 0 \dots 10242$$

$$G_{\text{дк},k}(w, p) = W_{(k+p-1) \bmod 10243}(w), \quad k = 0 \dots 10229$$

индекс Вейла

номер первого бита

Параметры  $w, p$  заданы  
в ИКД на В1С  
для каждого НКА



# Навигационное сообщение в сигнале L1C

Информационная скорость:  $878/18 = 48.7(7)$  бит/с

Помехоустойчивое кодирование и устранение инверсного приема: LDPC + BCH + перемежение

Кодовая скорость: 100 бит/с

Символьная синхронизация: нет

Длина кадра (message): 18 с  $\Leftrightarrow$  878 полезных бит (1800 кодовых)

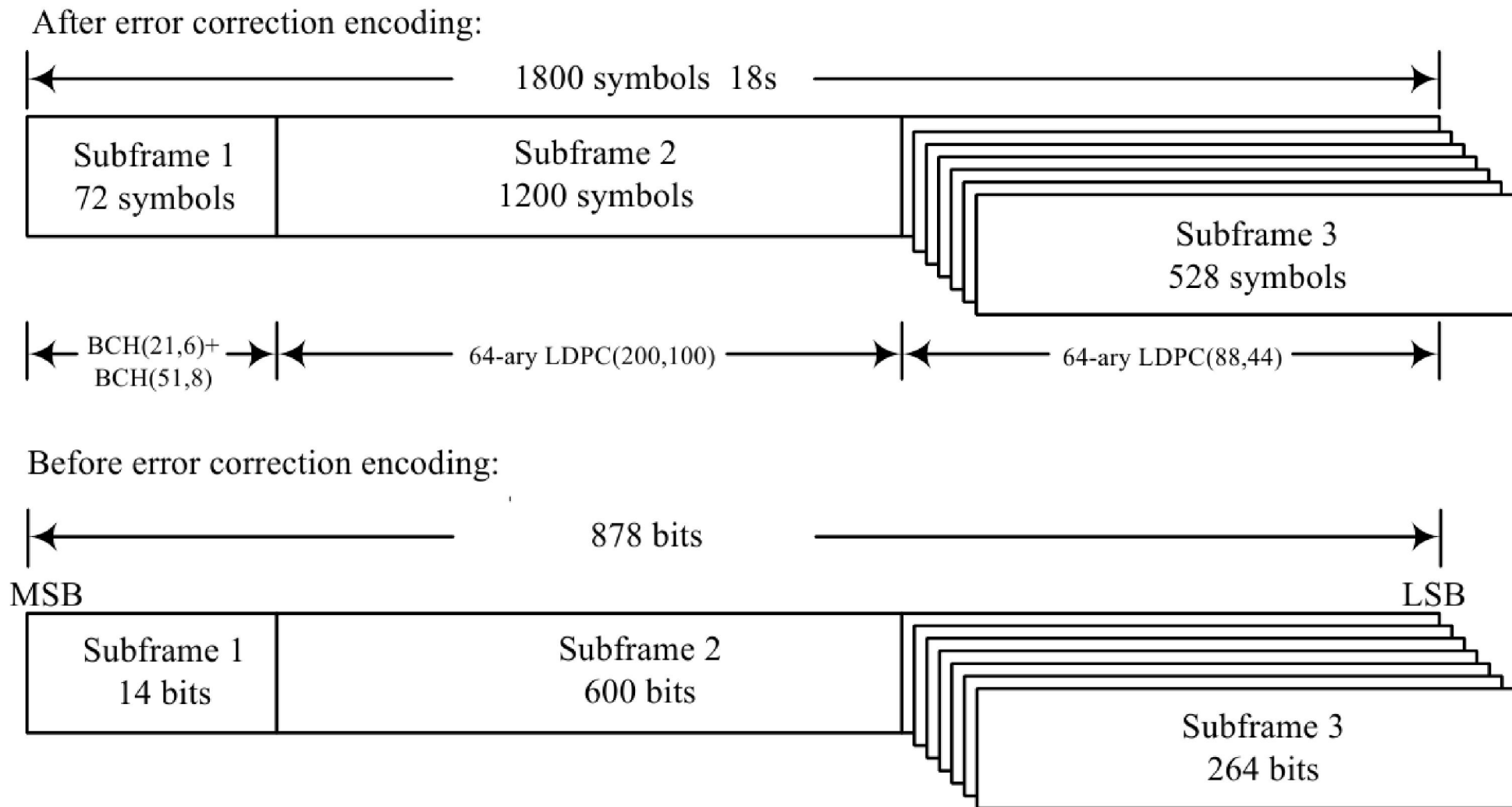
Кол-во строк в кадре (subframes): 3 (14, 600 и 264 бит)

Контроль ошибок: CRC24 (24 бита в строках 2 и 3)

Строковая синхронизация: обесп. помехоуст. кодированием.

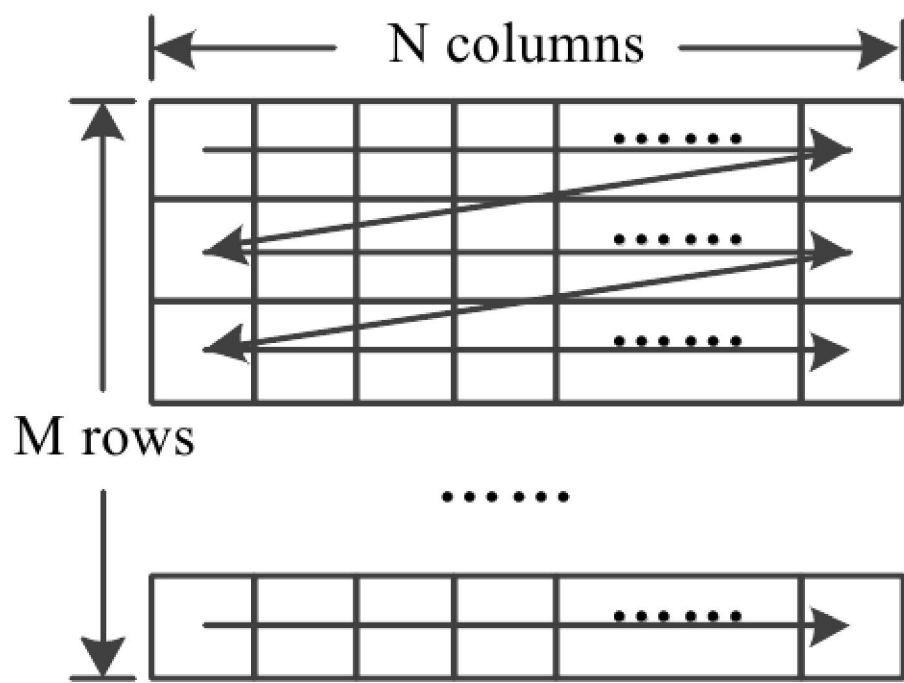
Формат строк 1 и 2 всегда одинаков. Строка 3 имеет 4 типа форматирования (количество типов может быть увеличено до 63-х).

# Структура кадра в B1C

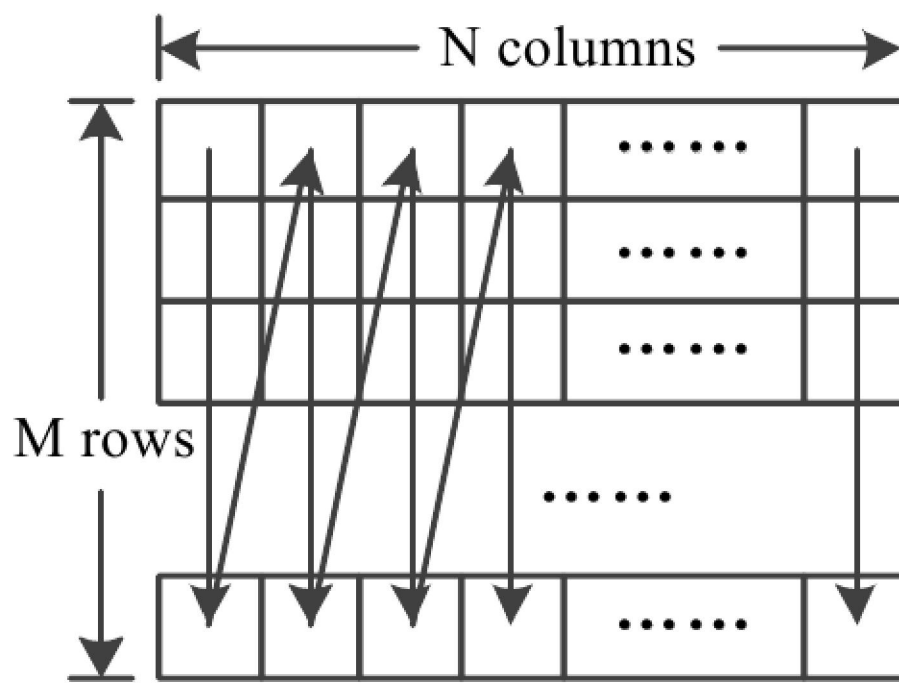


**Figure 6-1 B-CNAV1 frame structure**

# Перемежение бит в блоке данных из строк 2 и 3 (1728 бит)



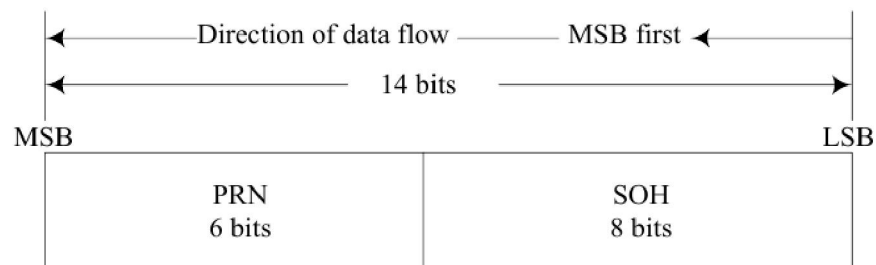
Writing process



Reading process

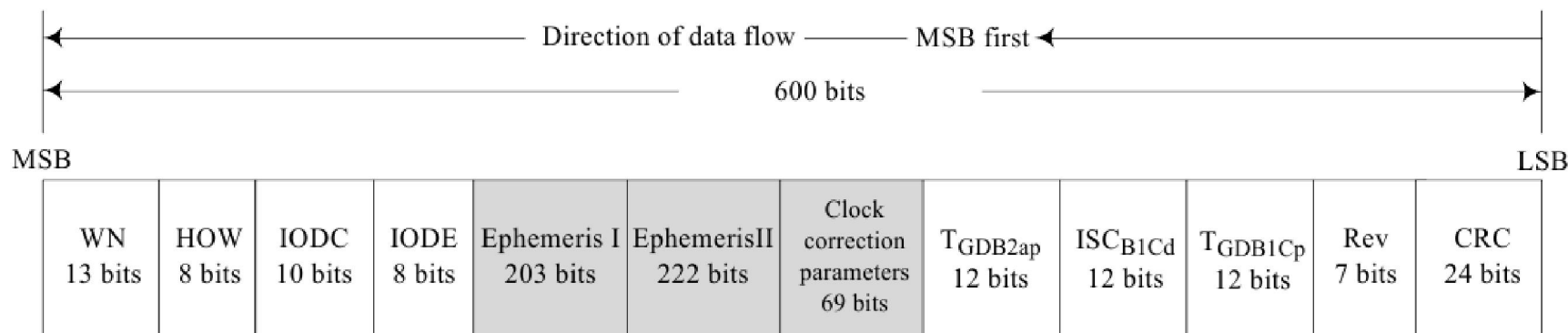
$$M = 36, \quad N = 48; \quad M \times N = 1728$$

# Содержание строк НС

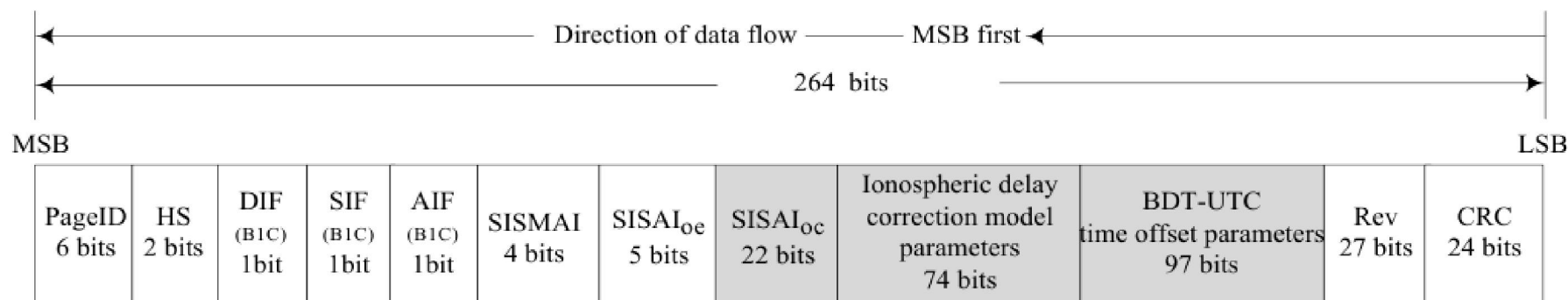


SOH = счетчик кадров от начала текущего часа сигнальной шкалы времени

**Figure 6-5 Bit allocation for B-CNAV1 Subframe 1**



**Figure 6-6 Bit allocation for B-CNAV1 Subframe 2**



**Figure 6-8 Bit allocation for Page Type 1 of B-CNAV1 Subframe 3**