

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



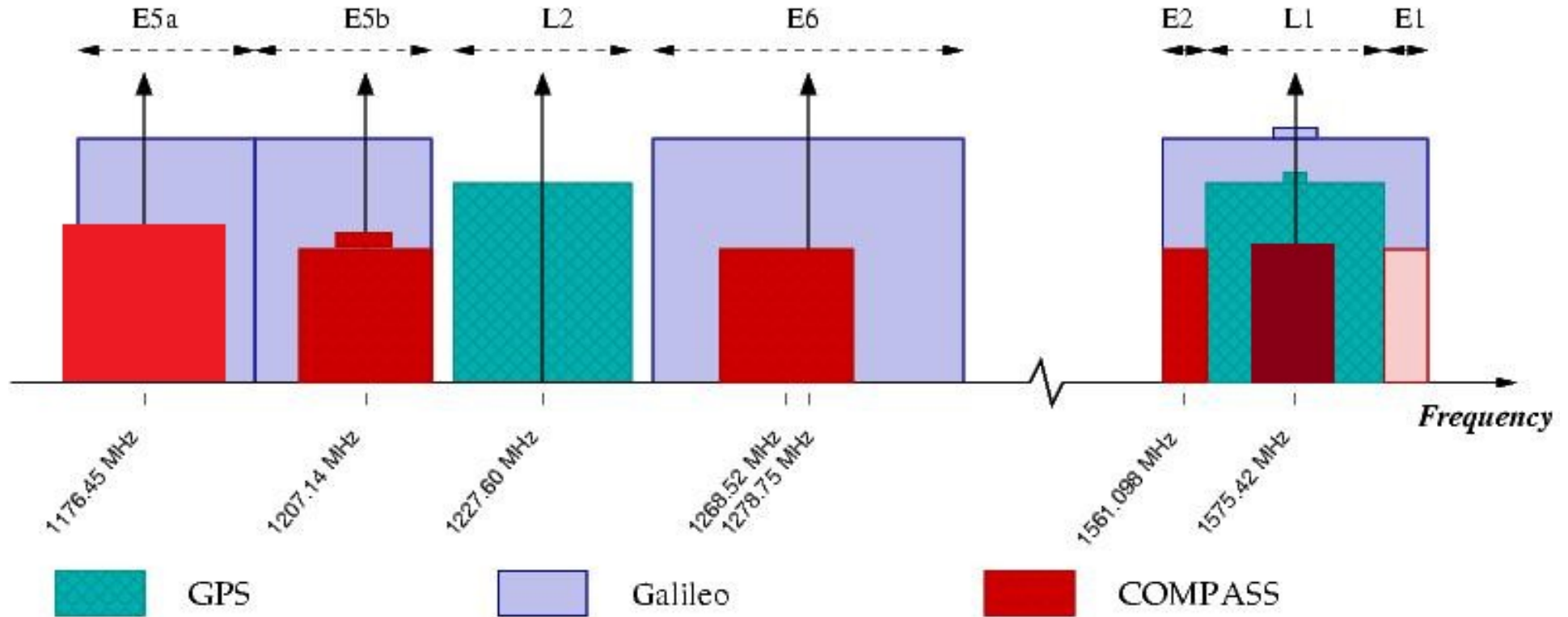
Общие характеристики

- **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 – QMВОС(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 1×1.023 МГц - ВОС(1,1);

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

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

$$f_{B1C} = 1575,42 \text{ МГц}$$

Характеристики бинарных модулирующих последовательностей В1С

Последовательность	$G_{В1Сd,k}(t)$	$G_{НС}(t)$	$G_{В1Ср,k}(t)$	$G_{ОК,k}(t)$	$sc1(t)$	$sc6(t)$
Длительность элементарного символа τ_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 В1Сd, В1Ср (в информационном и в пилотном сигналах)

Тип: усеченные коды Вейла (не как в GPS L1С)

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

Оверлейный (secondary) код (в пилотном сигнале В1Ср)

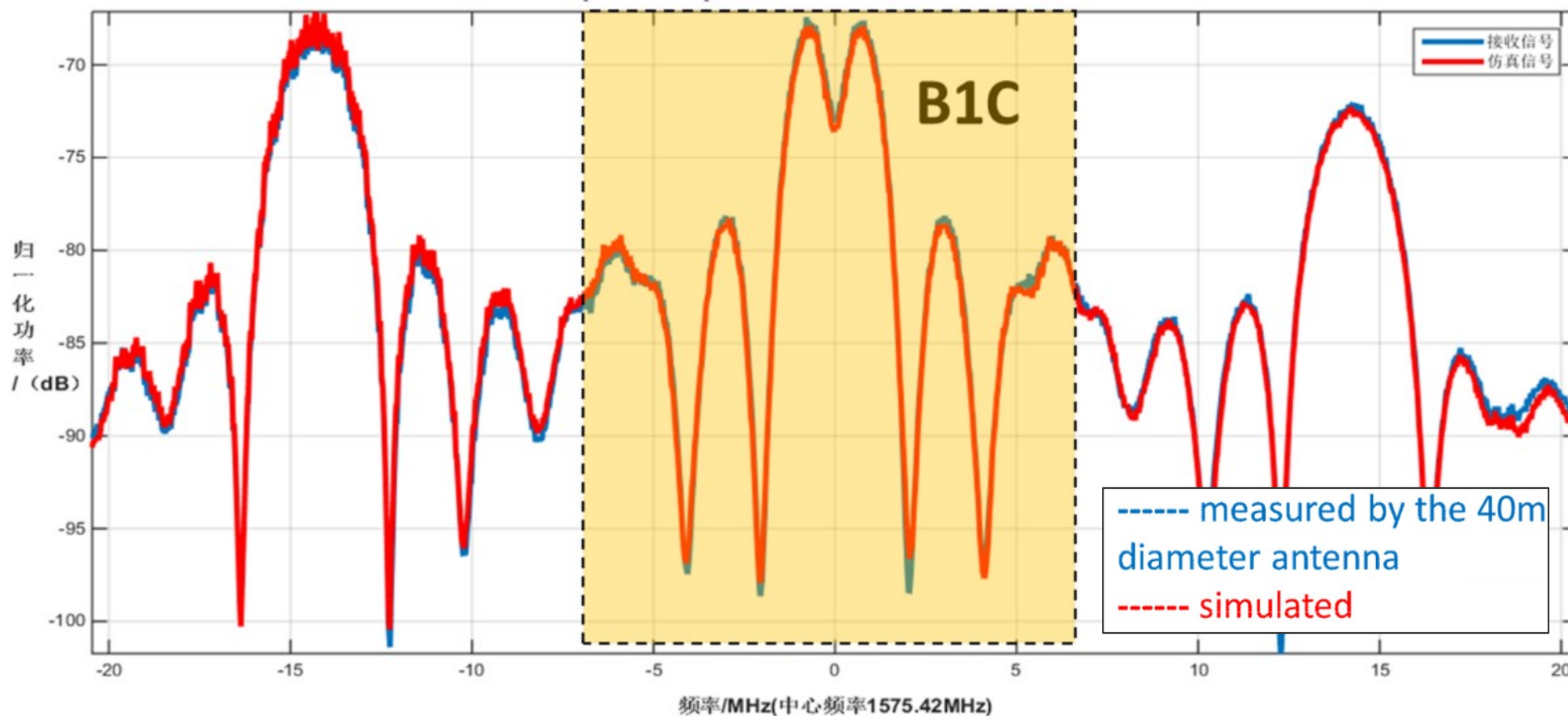
Тип: усеченные коды Вейла длиной $L=1800$ бит

Частота выборки символов: $F_{ок} = 100$ 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 В1С

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

Помехоустойчивое кодирование: LDPC + BCH + перемежение

Кодовая скорость: 100 бит/с

Символьная синхронизация и устранение инверсного приема: дальномерный код (1 период ДК = 1 символ ЦИ)

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: оверлейный код (1 период ОК = 1 кадр)

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

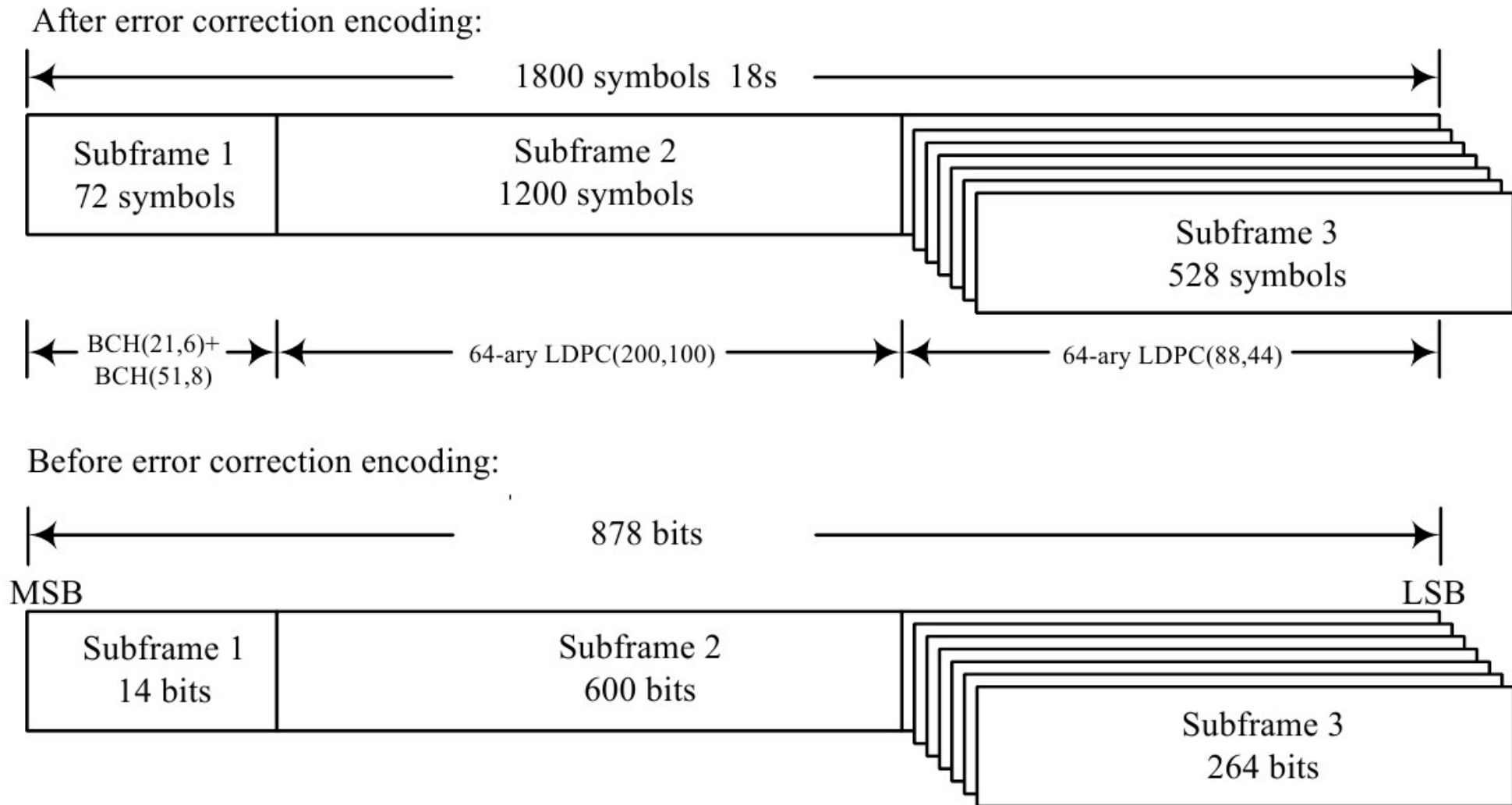
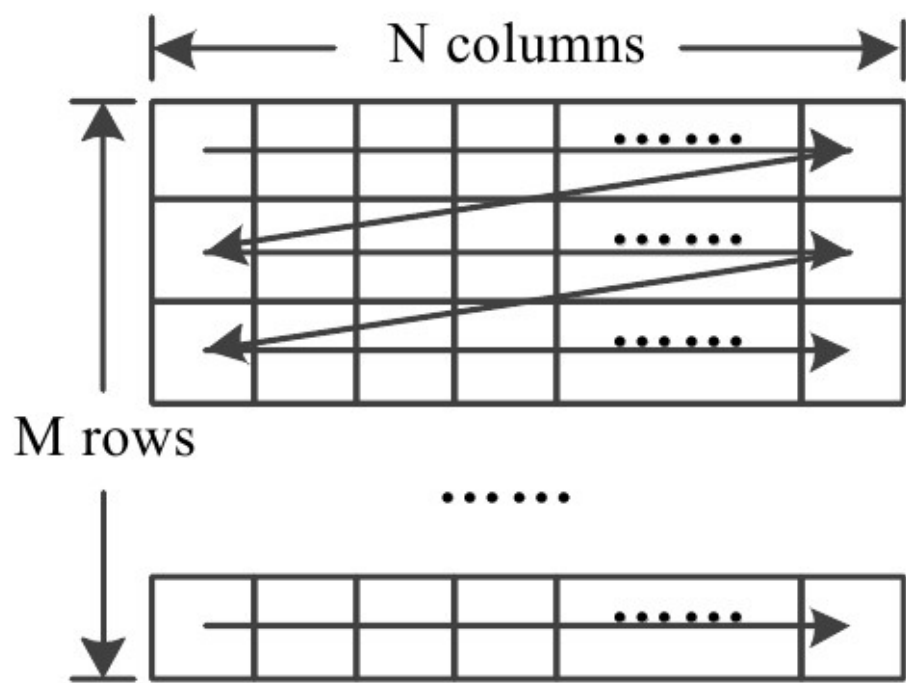
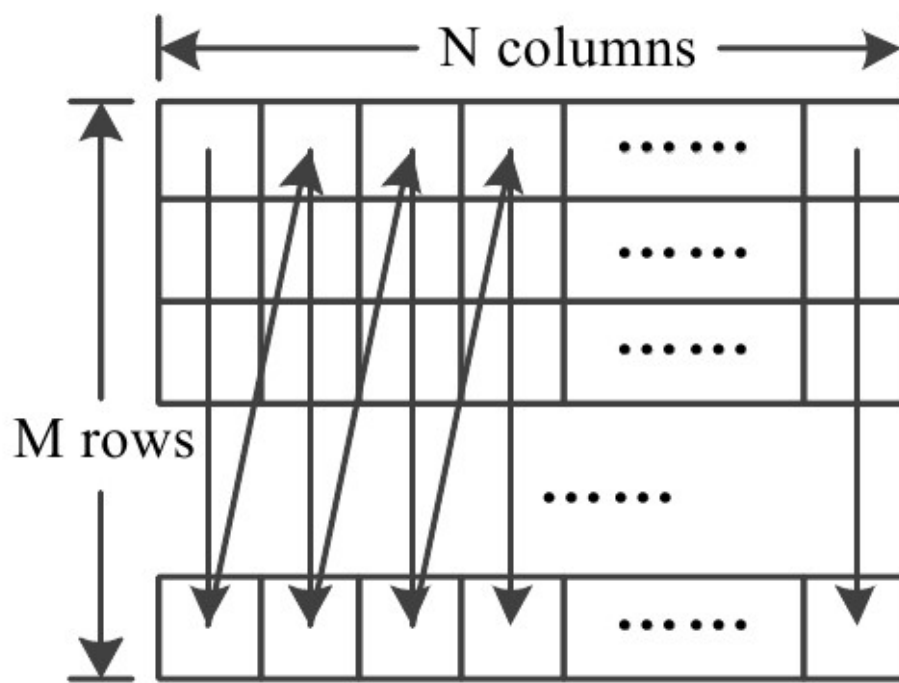


Figure 6-1 B-CNAV1 frame structure

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



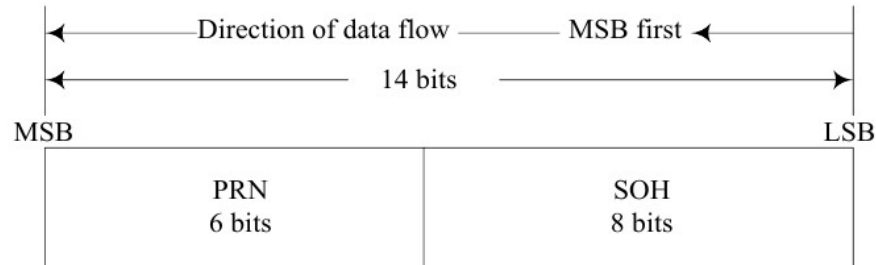
Writing process



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

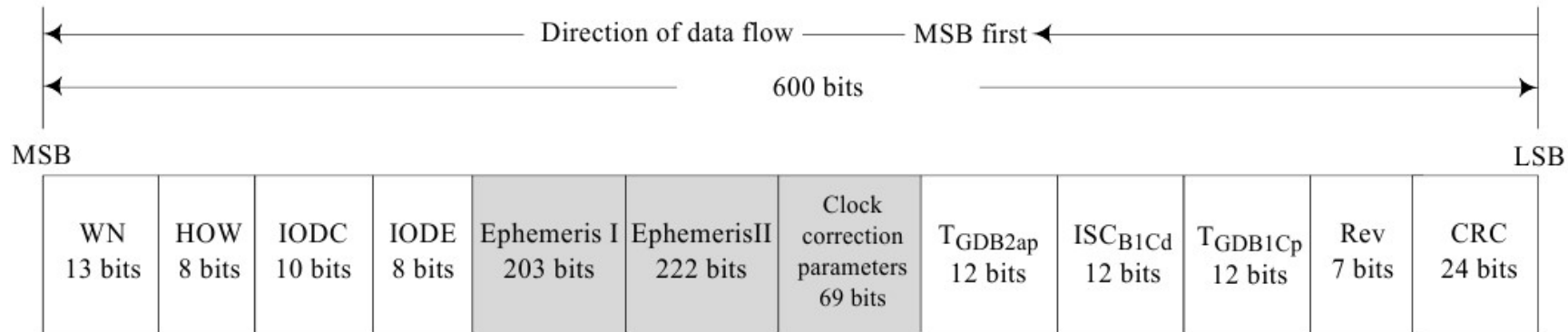


Figure 6-6 Bit allocation for B-CNAV1 Subframe 2

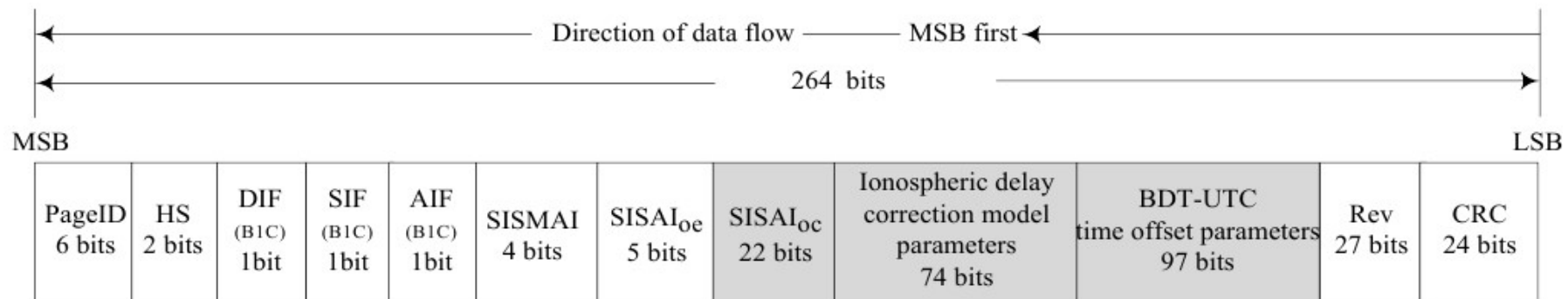


Figure 6-8 Bit allocation for Page Type 1 of B-CNAV1 Subframe 3