

## 滑动窗口 $x_{\text{ltpf\_hat\_win}}$ 的历史采样点容量的估计

起草：季文骢，版本：R1

### 推导过程

在 LTPF 模块中， $\text{pitch\_index}$  为 9 位无符号整数，因此有：

$$0 \leq \text{pitch\_index} < 512$$

考察公式 (139)、(140)，当  $440 \leq \text{pitch\_index} < 512$  时：

$$\text{pitch\_int} = \text{pitch\_index} - 283$$

$$157 \leq \text{pitch\_int} < 229$$

$$\text{pitch\_fr} = 0$$

$$157 \leq \text{pitch} = \text{pitch\_int} + \frac{\text{pitch\_fr}}{4} < 229$$

当  $380 \leq \text{pitch\_index} < 440$  时：

$$\text{pitch\_int} = \left\lfloor \frac{\text{pitch\_index}}{2} \right\rfloor - 63$$

$$\text{pitch\_fr} = 2 * \text{pitch\_index} - 4 * \text{pitch\_int} - 252$$

$$= 2 * \text{pitch\_index} - 4 * \left\lfloor \frac{\text{pitch\_index}}{2} \right\rfloor$$

$$\text{pitch} = \text{pitch\_int} + \frac{\text{pitch\_fr}}{4}$$

$$= \frac{\text{pitch\_index}}{2} - 63$$

$$127 \leq \text{pitch} < 157$$

当  $0 \leq \text{pitch\_index} < 380$  时：

$$\text{pitch\_int} = \left\lfloor \frac{\text{pitch\_index}}{4} \right\rfloor + 32$$

$$\text{pitch\_fr} = \text{pitch\_index} - 4 * \text{pitch\_int} + 128$$

$$= \text{pitch\_index} - 4 * \left\lfloor \frac{\text{pitch\_index}}{4} \right\rfloor$$

$$\text{pitch} = \text{pitch\_int} + \frac{\text{pitch\_fr}}{4}$$

$$= \frac{\text{pitch\_index}}{4} + 32$$

$$0 \leq \text{pitch} < 127$$

综上，有  $0 \leq \text{pitch} < 229$ 。

考察公式 (142)、(143)、(144)，找出  $p_{\text{int}}$  的范围。

$$\text{pitch}_{f_s} = \text{pitch} \cdot \frac{8000 \cdot \text{ceil}\left(\frac{f_s}{8000}\right)}{12800}$$

$$p_{\text{up}} = \text{nint}(\text{pitch}_{f_s} \cdot 4)$$

$$p_{\text{int}} = \left\lfloor \frac{p_{\text{up}}}{4} \right\rfloor$$

$$= \left\lfloor \frac{\text{nint}(\text{pitch}_{f_s} \cdot 4)}{4} \right\rfloor$$

$f_s$	$\frac{8000 \cdot \text{ceil}\left(\frac{f_s}{8000}\right)}{12800}$
8000	0.625
16000	1.250
24000	1.875
32000	2.500
44100	3.750
48000	3.750

$f_s$	$\text{pitch}_{f_s} (\geq 0)$
8000	$< 143.125$
16000	$< 286.250$
24000	$< 429.375$
32000	$< 572.500$
44100	$< 858.750$
48000	$< 858.750$

$f_s$	$p_{\text{int}} (\geq 0)$
8000	$< 143$
16000	$< 286$
24000	$< 429$
32000	$< 572$
44100	$< 858$
48000	$< 858$

最后，考察  $\widehat{x_{\text{ltpf}}}$  的下标的范围，并最后推出滑动窗口  $x_{\text{ltpf\_hat\_win}}$  的历史采样点容量（historySize 参数）。根据公式（130）~（136），不难发现， $\widehat{x_{\text{ltpf}}}$  的下标仅受下式的值的影响：

$$n - p_{\text{int}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k$$

其中， $0 \leq k < L_{\text{den}}$ ， $0 \leq n < \text{norm}$ ， $L_{\text{den}}$  是一个常数：

$$L_{\text{den}} = \max\left(4, \text{ceil}\left(\frac{f_s}{4000}\right)\right)$$

$f_s$	$L_{\text{den}}$
8000	4
16000	4

24000	6
32000	8
44100	12
48000	12

而  $\text{norm}$  的值与  $N_F$  直接相关，因此也是一个常数：

$$\begin{aligned}
 N_F &= \frac{f_s \cdot f_{\text{scal}} \cdot N_{\text{ms}}}{1000} \\
 \text{norm} &= \frac{N_F}{4} \cdot \frac{10}{N_{\text{ms}}} \\
 &= \frac{f_s \cdot f_{\text{scal}} \cdot N_{\text{ms}}}{1000 \cdot 4} \cdot \frac{10}{N_{\text{ms}}} \\
 &= \frac{f_s \cdot f_{\text{scal}}}{400}
 \end{aligned}$$

显然，滑动窗口  $\mathbf{x\_ltpf\_hat\_win}$  的历史采样点容量由  $\widehat{\mathbf{x\_ltpf}}$  的下标的最小值影响，因此只需考虑下标的最小值即可。为了求得这一最小值，令  $n = 0$ ， $p_{\text{int}}$  取最大值， $k$  也取其最大值  $k = L_{\text{den}} - 1$ ，那么就有：

$f_s$	$\min\left(n - p_{\text{int}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k\right)$
8000	-143
16000	-286
24000	-430
32000	-574
44100	-862
48000	-862

在实际的实现中，理想的历史采样点容量（ $\text{historySize}$ ）的数值应当为：

$$\text{historySize} = \left\lceil \min\left(n - p_{\text{int}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k\right) \right\rceil$$

然而，为了规避可能的风险（例如由于舍入误差导致数值异常等情况），上面的容量可以再保守（更大）一些。