

Task : Motion Estimation Circuit Design

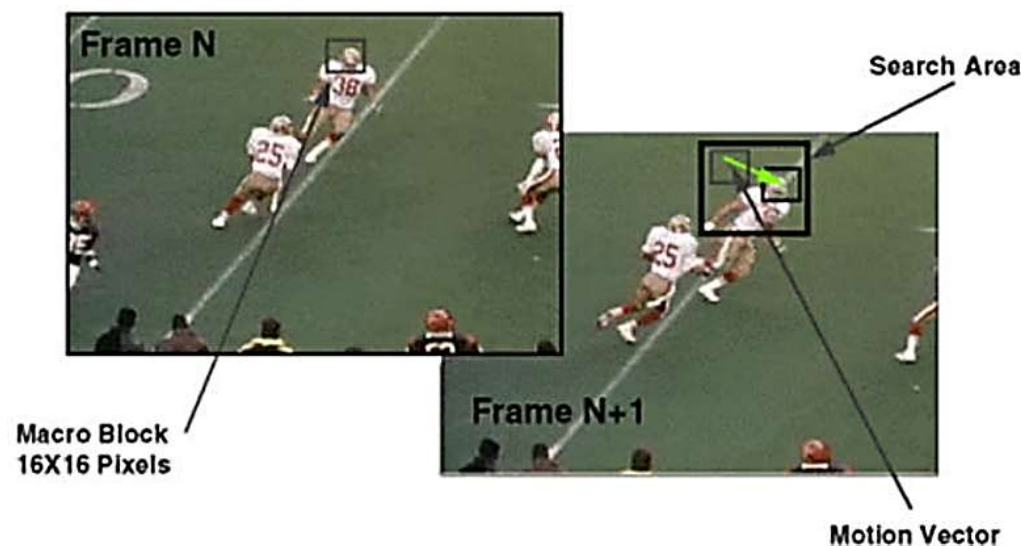
1. H.266/VCC 视频编码标准



- 多功能视频编码（**Versatile Video Coding**，简称**VVC**），也称为**H.266**、**MPEG-I**第3部分或未来视频编码（**FVC**）
- 压缩率相比于**H.265**提升**30%~50%**
- 支持**4K~16K**、**0~120** 帧率的视频压缩

Task : Motion Estimation Circuit Design

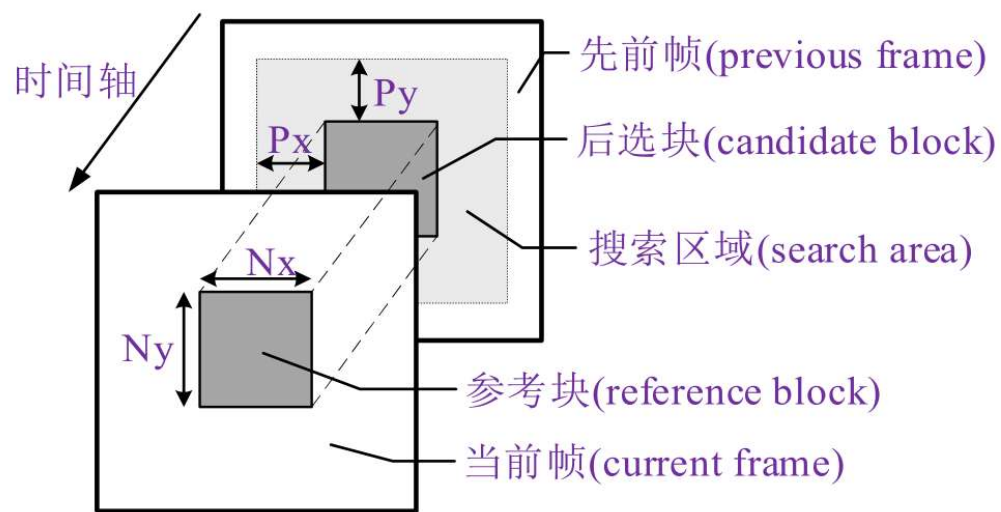
2. 运动估计(Motion Estimation, ME)



- **ME**是视频编码技术中最重要的一环之一
- **ME**是提取当前图像运动信息的过程
- 基本思想：大多数视频序列中，相邻图像具有相似性 → 仅对运动物体的运动信息进行编码 → 减少编码量

Task : Motion Estimation Circuit Design

2.1 基于块匹配的运动估计算法



运动估计块匹配示意图

- 对当前帧中的某个参考块，可在先前帧中找到对应位置
- 该相应位置附近为搜索区域
- 搜索区域中，包括多个候选块，例如(P_x , P_y)处
- 搜索具有最高匹配度的候选块
- 最佳候选块与参考块的坐标差为运动向量

Task : Motion Estimation Circuit Design

2.2 匹配准则与运动向量

Sum of Absolute Difference

参考块中某点像素值

候选块中对应点像素值

$$SAD(m, n) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |x(i, j) - y(i + m, j + n)|$$

搜索区域 $-p \leq m, n \leq p$

$$MV = \arg \{ \min SAD(m, n) \} \quad -p \leq m, n \leq p$$

运动向量：具有最小SAD值的 (m, n)

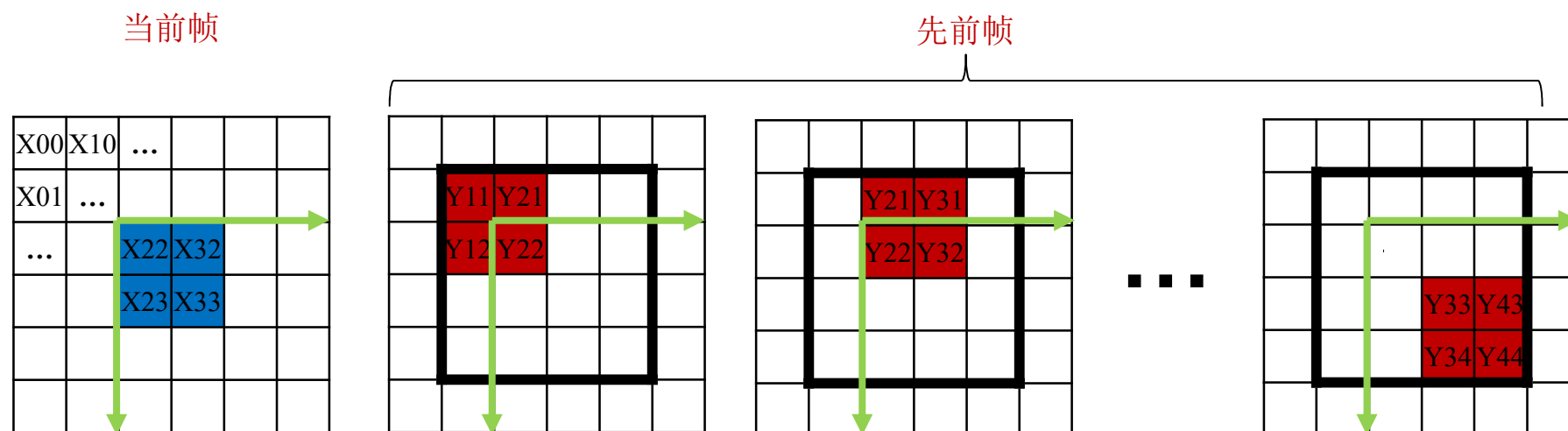
Task : Motion Estimation Circuit Design

2.3 搜索方式

- 全搜索块匹配算法(**Full- Search Block Matching Algorithm, FSBM**)是一种常见的搜索方式
- **FSBM** 对搜索区域进行穷尽式匹配比较来找到最佳的搜索匹配块
 - 计算量大、速度慢
 - 匹配精度最高
- 虽然 **FSBM** 算法计算量巨大，但由于其匹配效果好而在视频点播、数字电视等对视频图象质量要求很高的领域得到广泛的应用

Task : Motion Estimation Circuit Design

2.4 ME示例



- 块大小为 2x2
- 搜索区域为 [-1,1]
- FSBM搜索
- 寻找最小 $SAD(m, n)$

SAD(-1,-1)

$$\begin{aligned} &= |X22 - Y11| \\ &+ |X32 - Y21| \\ &+ |X23 - Y12| \\ &+ |X33 - Y22| \end{aligned}$$

SAD(0,-1)

$$\begin{aligned} &= |X22 - Y21| \\ &+ |X32 - Y31| \\ &+ |X23 - Y22| \\ &+ |X33 - Y32| \end{aligned}$$

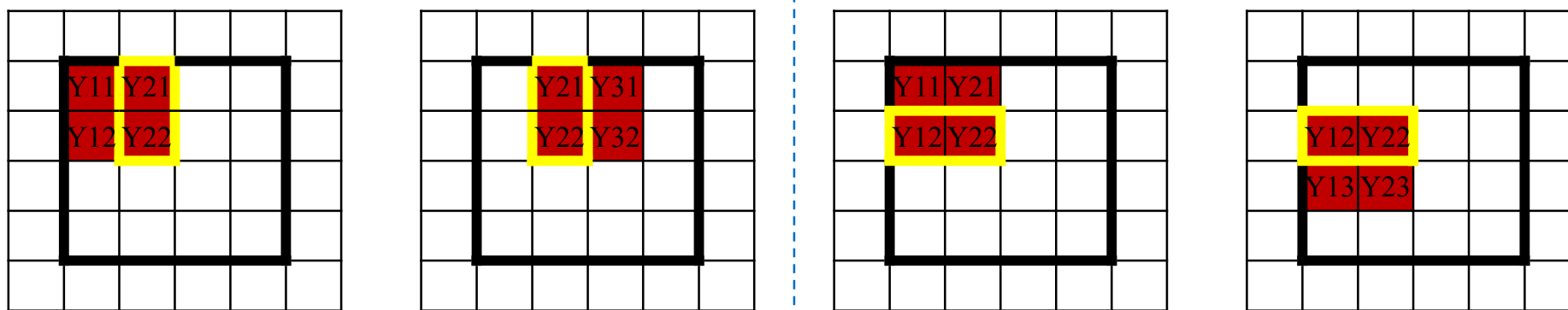
...

SAD(1,1)

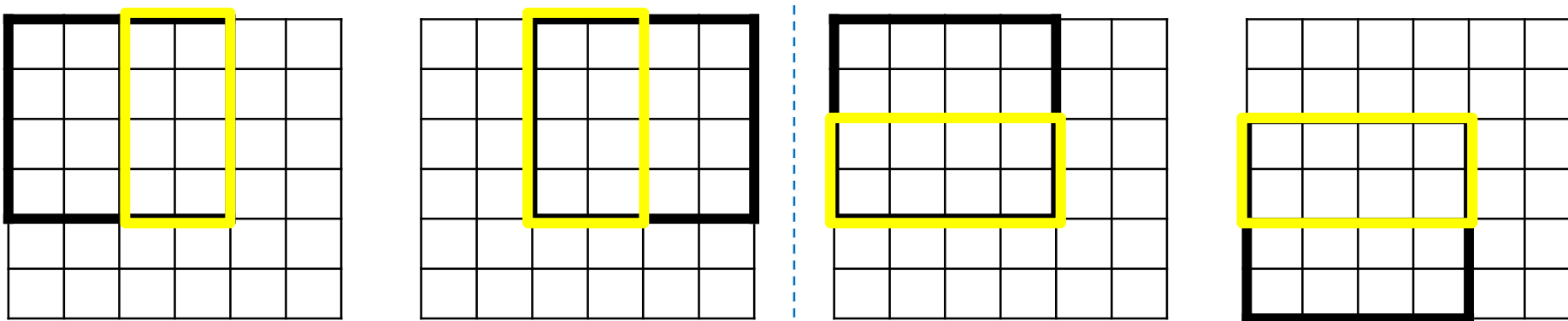
$$\begin{aligned} &= |X22 - Y33| \\ &+ |X32 - Y43| \\ &+ |X23 - Y34| \\ &+ |X33 - Y44| \end{aligned}$$

Task : Motion Estimation Circuit Design

3. ME中的数据复用



相邻候选块水平/垂直方向的数据复用



相邻搜索区域水平/垂直方向的数据复用

Task : Motion Estimation Circuit Design

4. ME电路设计任务

- 面向**H.266/VVC**标准，设计支持**4K**视频的**ME**电路
 - 电路的架构设计
 - **Verilog**代码设计、逻辑仿真、性能分析
 - 逻辑综合、时序分析与验证
 - 物理设计
- 撰写设计报告
 - 设计思路
 - 实现过程
 - 结果分析

Task : Motion Estimation Circuit Design

5. ME电路设计指标

- 每秒**60**帧**4K**视频（ **$3840 \times 2160@60\text{fps}$** ）的实时处理能力
- 采用全搜索 **ME** 算法、支持 **8×8** 块大小的**SAD**计算、搜索区间为 **$[-7,8]$**
- 芯片设计工艺：华力 **55nm**工艺
- 评价指标
 - 电路的实时处理能力
 - 芯片的**PPA**（**Performance or frequency, Power, Area**）
 - 输入/输出数据的带宽及其利用效率