

H.264 帧内预测算法的优化及应用^①

倪伟传, 任志健, 邱泽敏, 万智萍

(中山大学 新华学院, 广州 510520)

摘要: 现存的视频压缩方法, 大多为提高视频的压缩效果和减少压缩时间, 而采用电路复杂并且造价高昂硬件电路. 针对该情况, 文章根据帧内预测算法的准确性与高效性, 采用 H.264 帧内预测算法并对其进行优化, 在此基础上设计硬件电路, 后结合 JPEG 图像压缩算法对视频进一步压缩, 从而达到简化硬件电路、缩短编码时间、提高数据的传输速率与可靠性的目的. 测试表明, 研究能够达到上述目的且具有相对成本低廉的市场优势, 在无线视频监控领域上具有较好的发展前景.

关键词: 视频压缩; H.264 帧内预测算法; JPEG 图像压缩算法; 无线视频监控

Optimization and Application of H.264 Intra Prediction Algorithm

NI Wei-Chuan, REN Zhi-Jian, QIU Ze-Min, WANG Zhi-Ping

(Xinhua College, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Existing video compression methods, mostly in order to video compression and reduce the compression time, using the complexity and high cost of hardware circuit. According to the intra prediction algorithm for accuracy and efficiency, we used H.264 intra prediction algorithm and optimized design it, design the hardware circuit on this basis, after the combination of the JPEG image compression algorithm to compress the video further. The method to simplify the hardware circuit, reduce coding time, the purpose of data transmission rate and reliability. The tests show that in this study has achieve the above objectives and wish a relatively low-cost market advantage, and a good development prospects in the field of wireless video surveillance.

Key words: video compression; H.264 intra prediction algorithm; JPEG image compression algorithm; wireless video surveillance

随着时代的发展, 多媒体技术和无线网络技术的不断发展, 使得无线视频传输技术得以广泛的应用, 但无线视频传输存在着易错、时变和带限的特点与在传输的过程中, 由于图像内容的复杂性, 数量众多的原因, 使得简单的一段一分钟的视频, 就要占用将近 10G 的内存, 这使得我们不得不将其进行压缩. 因此, 如何高效在运用有限的空间内尽可能的得到更多的信息, 并且能够保证内容的不变与能够保证一定的视频质量, 成为人们关心的话题. 为了提高视频的压缩性能 2003 年 5 月 ITU-T VCEG 视频编码专家组和 MPEG 运动图像专家组提出 H.264 视频的压缩标准, 其高效

的压缩效率, 前所未有的提高了视频的压缩性能, 据研究表明, 在相同的图像质量下, H.264 所需的码率约为 MPEG2 的 35%、为 H.263 的 50%、MPEG4 的 60%, 并且随着 H.264 算法的发展, 其优势也将更加突出, 但 H.264 的复杂度和计算量却大幅度的增加了, 因此, 如何简化其计算量和复杂度对以后的发展具有重大的意义; 本文采用 H.264 压缩算法, 通过对帧内预测算法的研究^[1,2], 提出通过减少预测模式的种类与简化硬件电路的方法, 来减少视频压缩的编码时间, 本文通过简化 4×4 模式中的预测模式^[3,4], 把原本含有乘法的 16×16 模式改为只有加法, 并且设计出能

① 基金项目: 广东省中山大学新华学院“大学生创新创业训练计划”基金(2012CX006)

收稿时间: 2012-09-17; 收到修改稿时间: 2012-10-17

适用两种模式的硬件电路,从而减少视频压缩时花费的时间和减少不必要的重复运算与实现硬件电路的重复利用,有利于减低硬件成本与提高视频压缩的效应。

在研究信号的传输过程中,根据奈奎斯特定律:信道的极限速率小于等于信道带宽的 2 倍才能进行无失真传输,为了让视频图像的压缩过程中不出现失真的现象,本文结合 JPEG 的图像压缩算法来对视频图像进一步的压缩,通过该算法来减少不必要的视频图像数据,减少不必要的的数据,从而到达最优化,使其更加适用于现实生活之中。

1 系统总体设计

整个系统采用模块化的设计,主要分为视频采集模块、视频压缩模块、视频传输与播放模块。系统总体框架如下图 1 所示。

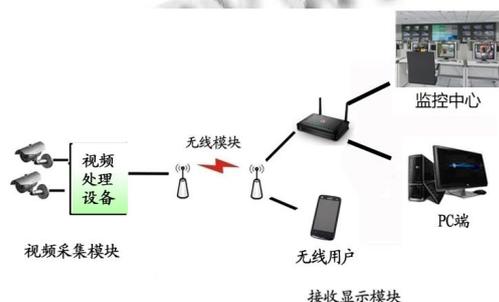


图 1 系统总体框架图

通过模块化的设计,系统利用了模块的搭建模式,降低了无线视频监控系统的搭建成本和复杂性,有利于减少零散设备部件的损坏带来的系统的崩溃的威胁,降低了系统平台的构建难度,优化了系统的总体功能。

其中为了减低系统的成本,提高无线传输的工作效率,本系统无线传输模块采用 CC2430 芯片^[5],它能够提高性能并满足以 ZigBee 为基础的 2.4GHz ISM 波段应用,以及满足低成本、低功耗的要求。

2 H.264/AVC 帧内预测分析

H.264/AVC 的帧内预测根据空间的相关性,用前宏块的左边和上边宏块的相邻像素对当前宏块进行预测通过差进行变换、量化和熵编码,从而对视频进行压缩。

H.264/AVC 处理的块分为 2 种情况: 4×4 像素、

16×16 像素。通常 4×4 像素亮度块适合于编码纹理比较快变复杂的区域,而 16×16 像素亮度块适合于较为缓慢平坦的区域。

其中 4×4 亮度块有 9 种预测模式,分别是:方向 0—垂直、方向 1—水平、方向 2—DC、方向 3—下左对角线、方向 4—下右对角线、方向 5—右垂直、方向 6—下水平、方向 7—左垂直、方向 8—上水平。而 16×16 亮度块有 4 种预测模式,分别是:方向 1—垂直、方向 2—水平、方向 3—DC 和方向 4—平面。

由于本文是结合方向来化简模式的,因此在上图各模式中以方向来命名,预测模式如图 2、图 3 所示。

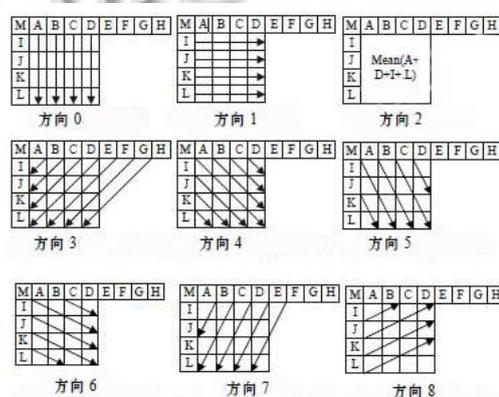


图 2 4×4 预测模式

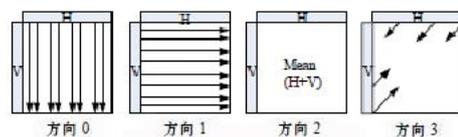


图 3 16×16 预测模式

都是通过减少预测模式来提高编码的效应,本文根据 h.264 的帧内预测中每种预测模式都对应一种边缘方向,对于 4×4 块分为 4 个主要的方向为垂直、水平、对角线左下、对角线右下,因为其方向性最强^[6],因此可以用来预测其他几个模式。

研究方向为图像压缩与传输,信号处理,物联网工程至于 DC 模式,DC 模式是没有方向的,因此把其分开来单独计算,据研究表明在 16×16 像素中 DC 模式近约 50%,而在 4×4 像素中 DC 模式约占约 11%,因此在 16×16 像素中有必要对其计算,而在 4×4 像素中就没有必要每一次都对它进行计算,由此来简化编码过程中不必要的计算,从而减少编码时间,提高效率。

3 系统硬件设计

帧的预测可以看成由简单的加法和移位运算来看^[7], 在 H.264 标准中对其他各个预测算式, 发现其运算均能可以通过相邻像素进行简单的加法运算后和某一个常数相加, 经过移位运算得到. 本文结合各模式的方向性, 通过简化把 4×4 像素简化为 4 种情况从而简化编码的过程, 把 16×16 像素中的乘法改为简单的加法, 使之适用于只有加法的硬件电路, 方法如下.

在 4×4 像素中, 垂直于水平模式可以用来计算其他模式的部分预测值. 而 DC 只需要一次就可以, 至于其他模式下的预测值可以利用其相邻模式下的冗余信息预测, 其中, 我们可以在图 2 看到, 对于在帧的预测模式中, 4×4 像素的可以打至分为水平模式、垂直模式、DC 模式还有其他模式, 通过模式间的方向性利用水平和垂直模式来间接求出其他的模式, 通过研究, 对快速帧内预测算法通过改进^[8], 其中最可能模式的符号为 MostProbableMode, 如下所示.

$$a=\{0,1,3,4\}, b=\{5,7,8,9\}, c=\{2\},$$

$d=\{up, left, MostProbable\}; // 0, 1, 3, 4$ 的方向性最强, 由 a 来推导出其他的模式

Int a[4]; // 预测模式

Int candidate[4]; //用于存放候选模式

candidate[0]=Mini(a[4]); //最优模式, 选出主要模式

式

candidate[1]=SecondMini(a[4]); //次优模式, 选出次要模式

选出次要模式

if (candidate[0]>candidate[1]) //比较

{

candidate[]={candidate[0],right neighbor of

candidate[0] in b,left neighbor of candidate[0] in b,

MostProbable};

} //选出的主要方向的两边模式

Else

{candidate[]={candidate[1],c,up,left};

}

//以水平、垂直模式为主

把 4×4 像素的预测模式简化为 4 种

在 16×16 像素中, 水平和垂直模式不需要通过计算, 而直流模式只需计算一次就行, 至于平面模式则通过水平模式与垂直模式来间接求出, 本文通过对 16×16 预测模式的计算方程进行优化、将其中的乘法器改为加法器和移位器^[9], 使之更适合硬件电路, 从而

降低成本. 其计算公式方程如下.

$$H_1 = \sum_{k=0}^7 \sum_{i=15-k}^{15} p(x', -1), H_2 = \sum_{k=0}^7 \sum_{i=-1}^{k-1} p(x', -1)$$

$$V_1 = \sum_{k=0}^7 \sum_{i=15-k}^{15} p(-1, y'), V_2 = \sum_{k=0}^7 \sum_{i=-1}^{k-1} p(-1, y')$$

$$b = \sum_{i=0}^3 (H_1 - H_2) + 32 \gg 6,$$

$$c = \sum_{i=0}^3 (V_1 - V_2) + 32 \gg 6,$$

$$a = \sum_{i=1}^{16} (p(-1, 15) + p(15, -1))$$

$$A_0 = a - \sum_{i=0}^3 (b + c), A_1 = a - \sum_{i=0}^3 c,$$

$$A_2 = a - \sum_{i=0}^3 c + \sum_{i=0}^3 b, A_3 = A_2 + \sum_{i=0}^3 b$$

其硬件结构设计如下.

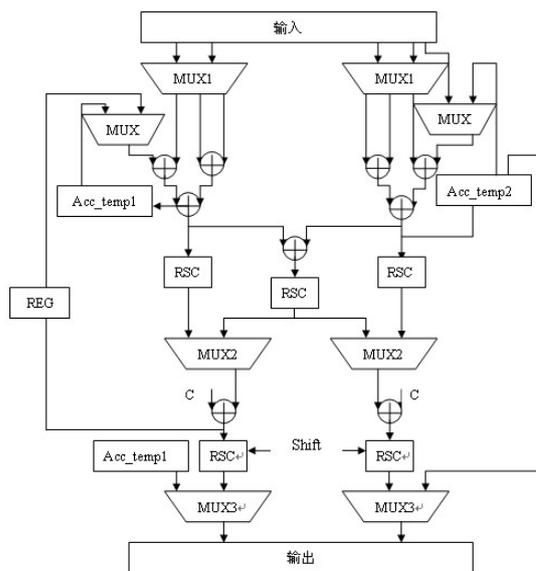


图 4 帧内预测模式硬件结构图

其中 MUX 为复选器、Acc_temp 和 REG 分别用于存储中间的计算结果、RSC 四舍五入移位裁减器、Acc_temp1 有垂直模式和水平模式计算数据, 可以避免重复计算、Acc_temp2 锁存 DC 模式数据.

该硬件电路充分地利用了预测数据的冗余, 在无需计算预测数据的周期内计算中间变量, 避免重复的计算, 节约了计算时间, 为了避免电路应模式而不同从而从新设计, 节约了硬件电路面积, 本文把电路设计为适用于个模式的, 从而实现资源的最优化.

经过本文改进的帧内的预测算法,使得减少视频的编码时间,但为了进一步增加视频的压缩效果,本文结合 JPEG 图像压缩来对视频图像进行一步的压缩^[10],使其在低宽带条件下依然能够发挥出它的优势,得到高质量的视频图像。

开始输入图像被分成 8×8 的图像,经过 DCT 变换后,其低频分量集中在左上角,高频分量分布在右下角。由于低频分量包含了图像的主要信息,因此高频分量就显得不那么的重要,可以将其忽略,从而达到压缩的目的。而在编码过程中,如何使低频分量先出现,高频分量后出现,在这里我们采用的是“Z”(zig-zag)字形的排列方法。JPEG 使用的颜色是 YUV 格式, Y 为采用的细量化、UV 采用的是粗量化,可以进一步提高压缩比。

核心程序片段如下。

```
I=im2double(I);%转换图像矩阵为双精度型.
```

```
T=dctmtx(8); %产生二维 DCT 变换矩阵
```

```
P=I3(i:i+7,j:j+7).*a1;%对其进行反量化
```

```
B=blkproc(I,[8,8],P1.*x.*P2',T,T);% 二值掩模,用来压缩 DCT 系数
```

```
B2=blkproc(B,[8 8],P1.*x',mask);%保留 DCT 变换的 10 个系数
```

```
I2=blkproc(B2,[8 8],P1.*x.*P2',T,T);%对图像进行重构
```

4 仿真与综合结果

本文通过改变算法从而减少了乘法器与限幅器等硬件资源的使用,从而节约了近 15% 的硬件资源,并且本文通过把帧内预测模式中 4×4 像素模式化得跟 16×16 像素模式一样为 4 种使其电路两只模式都适用,从而简化了硬件部分提高效率。

通过本文方法与 H.264 的全搜索算法和 PAN 算法这两种算法进行相比,为了验证改进方法的有效性,采用 H.264 的参考模型 JM11.0 作为平台进行实验,参考数目设置为 5,量化参数 QP 设置为 28,帧数为 100 帧,帧频为 25 帧每秒,采用 CABAC 熵编码, RDO 有效,对编码时间、输出码率和峰值信噪比 (PSNR) 这 3 个性能指标方面进行比较,为了方便观察视频的压缩效果,本文特意增加压缩比率,从而更为方便的对压缩性能进行比较。本文算法与其他算法的比较如表 1、表 2 所示。

表 1 本文算法与全搜索算法比较

序列	算法	Δ 编码时间/(%)	Δ 峰值信噪比/(%)	Δ 出码率/(%)	压缩比率/(%)
Foreman	全搜索	24.23	-0.158	-4.320	-4.27
News	全搜索	26.24	-0.162	-3.251	-4.10
Claire	全搜索	15.24	-0.242	-4.023	-4.32
Salesman	全搜索	16.82	-0.251	-3.420	-4.46
Mobile	全搜索	25.65	-0.184	-3.512	-6.57
Silent	全搜索	20.21	-0.194	-3.810	-6.85

表 2 本文算法与 PAN 算法比较

序列	算法	Δ 编码时间/(%)	Δ 峰值信噪比/(%)	Δ 出码率/(%)	压缩比率/(%)
Foreman	PAN	12.68	-0.205	-0.818	-5.27
News	PAN	16.15	-0.225	-0.854	-4.60
Claire	PAN	9.24	-0.301	-2.465	-4.56
Salesman	PAN	8.56	-0.310	-0.542	-5.00
Mobile	PAN	10.25	-0.251	-0.485	-7.02
Silent	PAN	12.22	-0.321	-0.542	-7.80

可以看出本文算法在编码速率上有了很大的改进:由表 1,本文算法和 H.264 的全搜索算法相比,本文算法要比全搜索算法要节约近 20 多秒,得到的视频图像的质量与失真的情况却比全搜索算法好一些,而视频图像的压缩比率却搜索算法要高 5% 左右;由表 2,本文算法与 PAN 算法对比,编码的时间与它少近 14 秒左右,得到的视频图像的质量好,而压缩比率是 PAN 算法的 4% 左右。

为了得到跟为可靠的实验结果,本文通过选取不同的量化参数 QP 对其检测分别为 28、32、36,对 news 进行检测,News 序列如下曲线图。

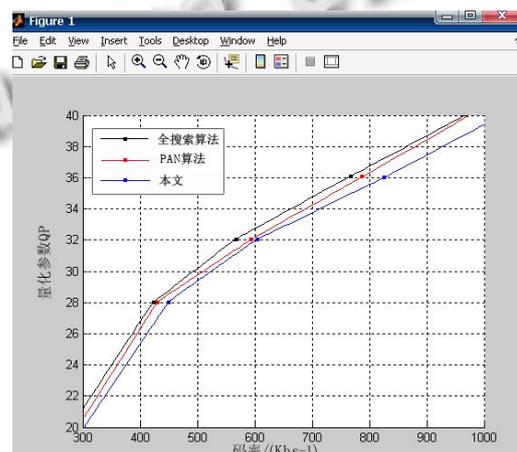


图 5 News 序列

由图 5 可得到,本文的方法能在保证视频的质量的情况下,对视频图像进行压缩,得到预测的效果,这表明该方法的可行性。

实验采用 MATLAB 7.1 来对视频进行验证, 视频为实验室的监控录像, 灯光条件比较昏暗, 其中图 6 原始图像, 图 7 仿真结果图像. 如下所示.

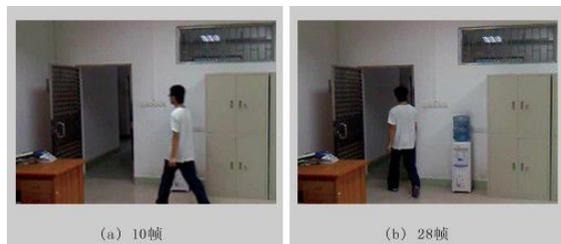


图 6 原始图像



图 7 仿真结果图像

经过本文的压缩方法, 通过对图 6 与图 7 的对比, 我们可以看出, 经过本文算法压缩后, 图中人物与原始图像的视觉效果差不多, 而人物以外的背景相对于原始图像就有点模糊, 这样就有效的对目标进行检测, 从而减少不必要的数来占用空间, 更方便视频的传输, 使得该方法能在低宽带的条件下依然能够保持原有的优势, 能够切实的运用在如: 监控、无线视频等多种地方.

5 结语

本文充分的利用帧内预测模式中各模间的冗余性, 通过各模式的方向性对算法的改进和电路的优化, 减少了不必要的重复计算, 优化算法和硬件电路, 提高了对视频图像的处理的速度. 通过实验, 表明本文

能在低宽带下, 依然能保证视频图像的质量, 具有很好的压缩效果; 在以后的学习中, 我们将结合帧间的预测模式来对视频图像进行进一步的优化, 使其更加的适用于生活.

参考文献

- 1 苏奇,张发存.H.264 /AVC 快速帧内预测模式选择新算法. 计算机应用,2011,2:393-395.
- 2 张志禹,高源.H.264 快速帧内预测模式选择算法. 计算机工程,2011,11:276-278.
- 3 杨会云,张有会,王志巍,赵金,霍利岭,刘晨光.一种应用 Radon 变换的 H.264/AVC 帧内预测算法. 小型微型计算机系统,2010,10:2101-2104.
- 4 李秋山,马妍.H.264 帧内预测模式的快速选择算法. 计算机工程与设计,2009,22:5136-5139.
- 5 Texas Instruments. A True System-on-Chip solution for 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee. 2007-6.http://www.ti.com/product/cc2430.
- 6 刘西振,杨静,王威.基于 FPGA 的 H.264 帧内预测实现和优化. 计算机工程,2012,7:257-260.
- 7 马涛,陈杰.消除重复计算的 H.264 帧内预测电路. 电子科技大学学报,2009,1:67-70.
- 8 王启文,黄东军.H.264 中 4×4 块的快速帧内预测算法. 计算机工程,2010,36(2):218-219.
- 9 Kim BG. Fast selective intra-mode search algorithm based on adaptive thresholding scheme for H.264/AVC encoding. IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, 2008,18(1):127-133.
- 10 孙燮华,数字图像处理—原理与算法.北京:机械工业出版社,2010.