

关于智能化妆镜的设计方案

1 设计对象的需求与说明

漂亮的你，是否会在出门前精心妆扮自己？是否会为了一次约会、一场会议、一次聚会而早早起床，绞尽脑汁思考今天的妆容，甚至牺牲了宝贵的睡眠时间？更经常地，是否会时不时地抱怨化妆的费时？随着社会的发展，我们的生活速度不断加快，越来越追求“高效率”、“快节奏”，动辄半小时一小时的化妆过程的确正在逐渐成为越来越多女性感到头疼的问题。

如果此时可以有一样工具，它可以帮助你收集在决定妆容时的影响条件，智能地为你推荐合适的选择，甚至提供一整套化妆流程，是否会大大缩短忙碌的你出门前在梳妆台逗留的时间，是否会用更短的时间为你开启美好的一天？

基于此，我们小组提出了一项关于智能化妆镜的设计方案，旨在帮助广大女性朋友缩短花在化妆上的时间，利用更高效的方法享受更美好的生活。

2 总体方案与目标功能实现

2.1 总体方案

根据女生的化妆过程和化妆需求，以缩短化妆所需时间为立足点，我们设计的化妆镜将主要实现以下功能：

■ 肤质图像识别

利用镜面上的摄像头采集高分辨率人脸图像，利用神经网络对所得图像进行处理建模，识别五官特征并给出肤质情况等相关信息。

■ 妆容推送

基于用户本身的需求，结合环境因素，利用推送算法向用户推送适合的妆容；同时采用妆容迁移算法，将用户所选定的妆容以模拟图的形式显示在镜面显示屏上；最后，根据用户选中的妆容，进行联网搜索，将获取的网络教程呈现在显示屏上。

■ 妆容存储与联网共享

主要利用已日渐成熟的物联网和云存储技术，将用户历史选取的妆容信息上传到统一的云服务平台，用户可以利用云端1) 获取所应用的妆容模板及拟合照片2) 分享照片，并浏览他人分享的照片3) 在推送妆容时会优先考虑用户个人历史使用或浏览数据。

2.2 方案实现细节

2.2.1 硬件基础

一、镜子

1. 单面透视镜

① 概述：镜子单面透光。当后方显示屏黑屏时，它是一面镜子；而信息在屏幕上显示时就该像普通玻璃一样。

② 原理：制造上，单面镜的玻璃面上涂有很薄的银膜或铝膜，区别于普通镜子，这层膜并非反射所有的入射光，而是能让一半的入射光通过，而另一半被反射回去。现代更多的是采用由两层6mm的镀纳米金属铬铝的钢化玻璃经高强度PVB胶夹成(玻璃由两层组成，每一层的材料是镀纳米金属铬铝的钢化玻璃)。

2. 显示器

显示器应满足以下要求：1) 屏幕足够亮，分辨率过得去（如1080P）2) 薄（如4mm厚）3) 带HDMI的输入接口，接口需在侧面。



图1 显示器

3. 外壳

外壳应预留接线口/狭缝和通风口。

4. 触摸屏

为触摸屏加装控制硬件板。

5. 树莓派

树莓派将用于实现以下功能：

- 1) Wifi连接
- 2) 屏幕旋转90度，符合照镜方向
- 3) 维持本地网络服务以保持界面
- 4) 在全屏幕下运行的浏览器，用于显示界面
- 5) 禁用屏保而采用检测用户是否接触镜子的RF接近传感器，使得用户无需实际触摸镜子，镜子也可以感应得到并智能地启动。

实现：在树莓派安装Apache然后在Kioskmode下用Chromium浏览器显示的网页。（Chromium浏览器是个能在树莓派操作系统上运行的开源浏览器。）

二、相机与补光

1. 双目相机

① 硬件选取

选择两个相同的相机，分辨率可调式最佳，因其在调试的过程中会具有较大的灵活性，可以随机选择目标分辨率。

② 具体实现

通过相机标定、双目校正、立体匹配三个步骤，实现将2D图像转化为3D的目标。

(1) 相机标定

双目测距的时候两个相机需要平行放置，但事实上这个是很难做到的，所以需要立体校正得到两个相机之间的旋转平移矩阵，也就是外参数矩阵。

(2) 双目校正

双目校正根据摄像头定标后获得的参数矩阵（焦距、成像原点、畸变系数）和双目相对位置关系（旋转矩阵和平移向量），分别对左右视图进行消除畸变和行对准，使得左右视图的两摄像头光轴平行、左右成像平面共面、对极线行对齐。

(3) 立体匹配（相似三角形）

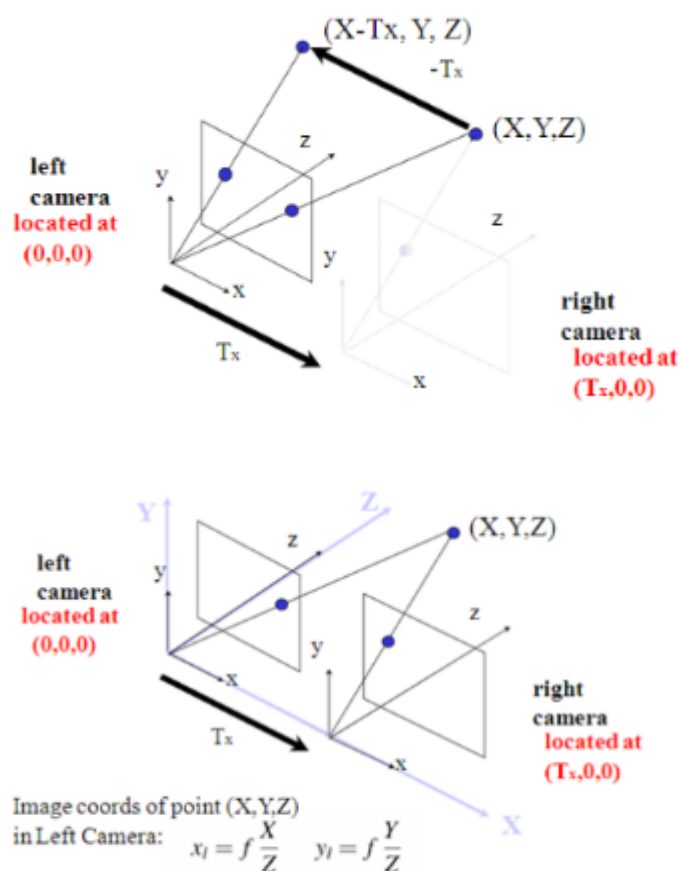


图2 图解双目视觉

2. 镜子两侧LED补光

物体在不同灯光的照射下，自身颜色会有不同程度的失真。行业内通常把光源对物体真实颜色的呈现程度称为光源的显色性及显色指数。显色指数在80-89之间，就可以满足大多数场景下普通人对色彩正确判断的需要。

我们设计的智能化妆镜，在普通镜子的基础功能上增加了高显色性的LED灯光和内置的软硬件，用来实现光线的智能控制，让用户能够在接近日光的光源环境里进行化妆打扮。

化妆镜可以通过底座的光线感应器自动识别现场的光环境，也可由用户自主选择针对性的光源和强弱。从而产生一定距离内均匀、与标准光源较为接近的照明环境，来满足其中女性客户追求细节，追求更好的化妆需求。

2.2.2 人脸(肤质)图像处理

1. 概述

使用时令用户将人脸固定在一个确定的位置，并由机器确定周围的采光的良好性，在此条件下扫描用户的人脸得到一张高分辨率人脸图。对于人脸进行处理以识别出五官特征、肤质情况等信息。

2. 方案细节

① 基本方案：训练一个神经网络，它由若干卷积层(Convolutional Neural Network)和完全连接神经网络(Fully Connected Network)组成。

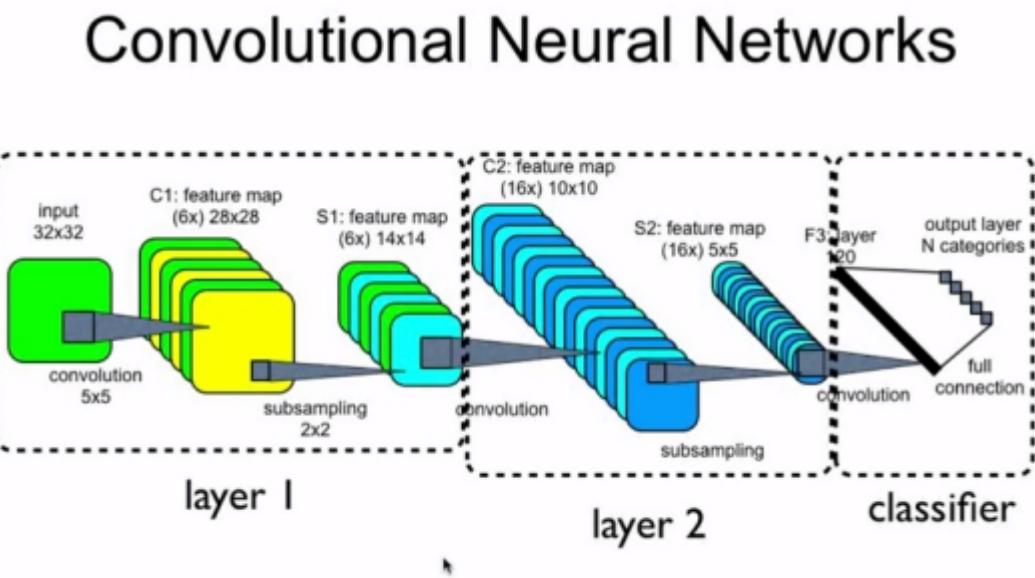


图3 卷积层

关于卷积方法我们提出以下实现方案：

首先将图片分为四个通道，并用图像处理技术处理各个通道。第一个通道锐化边缘和折线，用来分析人脸的轮廓和层次结构等信息，从中可以得到人脸的五官特征。第二三四通道分别为RGB颜色通道，结合卷积核来分析人脸的颜色信息，并从图像矩阵区域内的突变找到一些痘痘等的皮肤问题。

此后，利用两个卷积层(Layer)来加强分类效果：第一层用若干的卷积核分析通道一，用来识别人脸轮廓以及五官特征。第二层卷积通过识别人脸的额头，脸颊，眼袋等特征部位来寻找可能的皮肤问题。

② 利用神经网络提高识别处理过程中的正确率（我们采用了MATLAB中AlexNet网络）

I. 首先建立AlexNet神经网络(代码见附录一)

II. 从网络上找到足够多的各种各样的人脸图片数据，建立一个数据库，用数据库对神经网络进行训练。(代码见附录二)

III. 对于训练完的神经网络进行预测，从中选择正确率较高的神经网络并且保存下来。(代码见附录三)

IV. 调用训练完的神经网络对图像进行处理，得到人脸的轮廓信息和一些皮肤问题。(代码见附录四)

2.2.3 妆容推送

1. 推荐需求

推荐关键词选择（节日妆，淡妆，浓妆），通过镜子呈现，用户触屏选择需求。

2. 推荐参考因素

(1) 优先考虑用户本身推荐需求

根据用户输入的需求，从数据库中搜索出相似的妆容，按照用户曾经使用次数顺序进行排序，其余未使用过妆容按照网络热度高低进行排序。

(2) 结合环境因素进行推荐

I. 联网获取时间、天气、季节等环境信息；

II. 通过用户朋友圈、Ins、空间等社交APP获取心情（积极/消极）及需求（开会/旅游/约会/节日等）；

III. 同步智能手机日历，根据即将出席的场合，如工作、晚宴等场合，提供最适合的妆容选择；

IV. 通过微博、小红书等APP获取流行妆容。

3. 推送算法

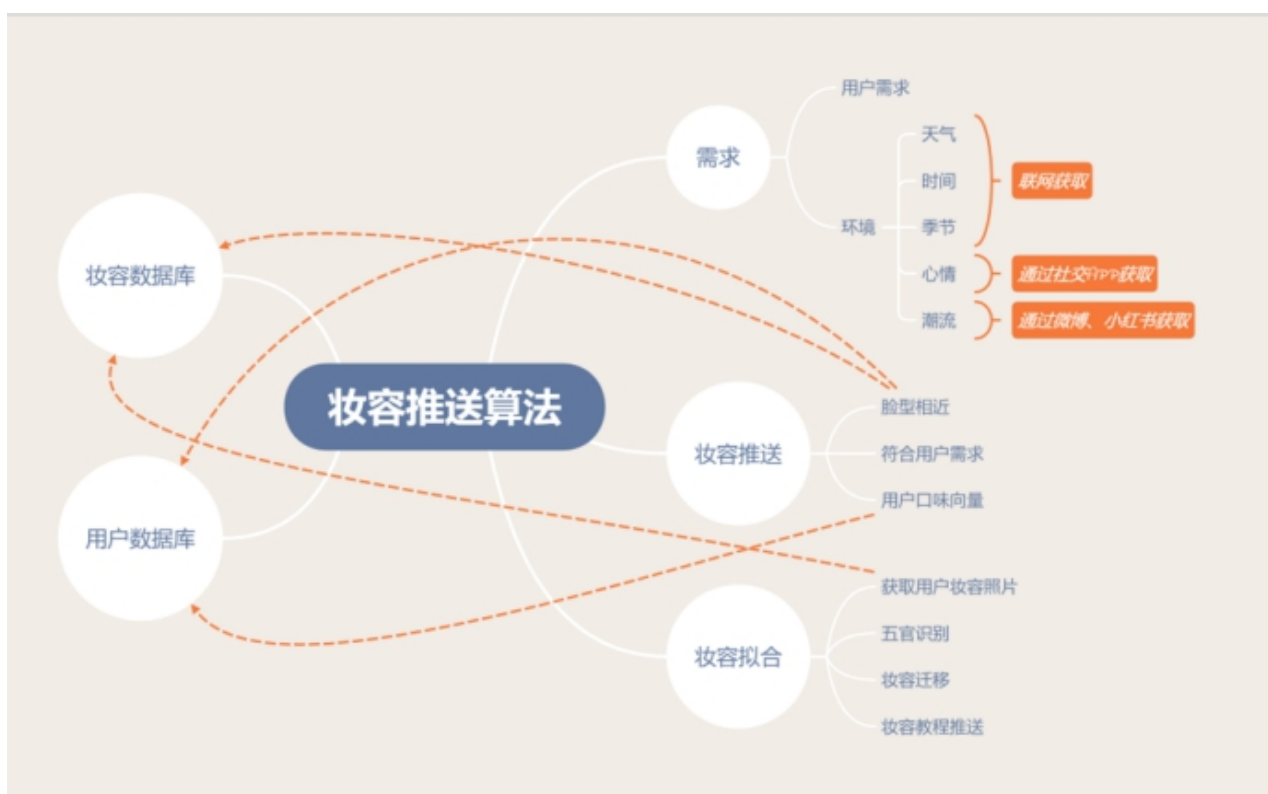


图4 图解妆容推送算法

利用爬虫爬取小红书，美妆相机等妆容图片，建立妆容推送数据库。根据用户使用过的妆容，建立小型用户口味数据库。

推送算法参考主要有三项数据：

- 脸型相近
- 符合用户当日需求的妆容
- 用户的口味向量

(1) 脸型相近：根据推送图片，通过从已上妆人脸数据库中挑选与当前素颜人脸脸型最相近的图片。具体方法是选取与当前人脸特征的欧氏距离最小者作为推送结果，该特征即网络输出的 *feature map*。

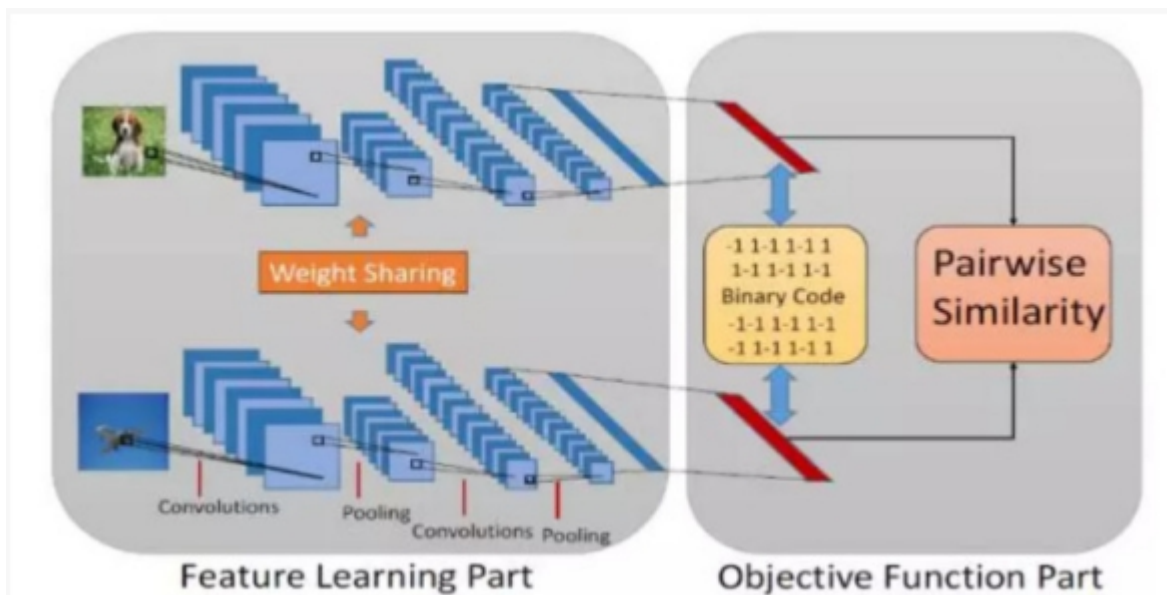


图5 特征图

(2) 符合用户当日需求：对选取符合要求的妆容图片进行排序, 将妆容 A_1, A_2, \dots, A_N 想象成 N 个互相垂直的向量轴, 将用户的取向定为一个 N 维空间的一个点, 这样跟坐标原点 $(0,0,0)$ 之间, 形成了 N 个向量, 这 N 个向量之间的夹角的余弦值就是形容用户的趣味指标, 与用户需求越相似的妆容, 角度越小, 余弦值越接近, 按照相似度对所有妆容图片进行排序。

(3) 用户口味向量：结合用户已经使用过的妆容，将已使用过的妆容存入数据库，并形成用户的需求向量，与用户需求向量夹角更相近的妆容图排序靠前。

4. 妆容迁移算法

妆容迁移分为以下三个步骤：

- 获取用户和妆容照片
- 获取第二步人脸识别中的五官识别
- 妆容迁移

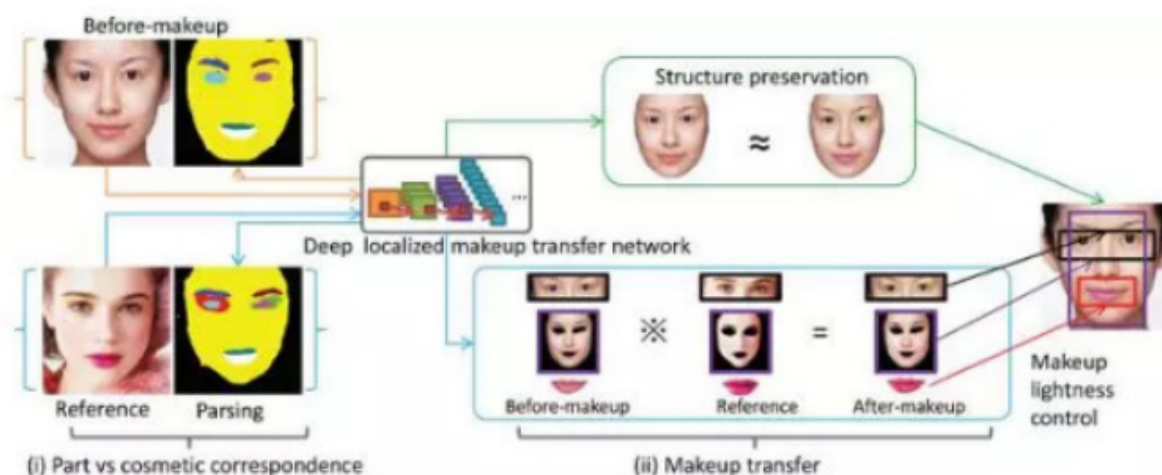


图6 图解妆容迁移

(1) 妆容迁移过程：

妆容包括粉底（对应面部），唇彩（对应双唇），眼影（对应双眼）。眼影的迁移比较特殊，因为它不是直接改变双眼的部分，针对此设计了一个错误纠正：

$$\|P(\Omega^l(A(s'_b))) - P(\Omega^l(R(s'_r)))\|_2^2 \quad (1)$$

意指给需要的人脸上妆后眼影部分与推荐的带妆人脸眼影的特征的L2 Norm（欧几里德距离）（该特征为从五官提取部分用到的FCN第一层卷积特征conv1-1）

$$\sum_{l=1}^L \|\Omega_{ij}^l(A(s'_b)) - \Omega_{ij}^l(R(s'_r))\|_2^2 \quad (2)$$

不同的是它计算了conv1-1, conv2-1, conv3-1, conv4-1, conv5-1层特征的相似度。最后给出的使这个错误纠正最小的A（即最终给出的妆后人脸）满足以下条件：

$$A^* = \arg \min_{A \in R^{H \times W \times C}} \lambda_e(R_l(A) + R_r(A)) + \lambda_f R_f(A) + \lambda_l(R_{up}(A) + R_{low}(A)) + \lambda_s R_s(A) + R_{V\beta}(A) \quad (3)$$

其中 R_l 、 R_r 表示左眼右眼眼影的错误纠正， R_f 表示脸部粉底的loss， R_{up} 、 R_{low} 表示上唇下唇唇彩的错误纠正， R_s 表示结构的错误纠正（计算公式与眼影错误纠正相同，但 s_b 、 s_r 中元素值都为1）。人脸妆容的平滑性可以通过以下公式进行进一步约束：

$$R_{v\beta} = \sum_{i,j} ((A_{i,j+1} - A_{ij})^2 + (A_{i+1,j} - A_{ij})^2)^{\frac{\beta}{2}} \quad (4)$$

从而得到妆容模拟图，并将其显示在镜子显示屏上。

5. 妆容推荐

根据用户选中的妆容，进行联网搜索，获取网络教程并显示在屏幕上。

2.2.4 妆容存储与联网共享

1. 主要实现以下功能：

- 记录储存用户选取的妆容信息，上传到统一的云服务平台。
- 用户个人信息将被储存在云端与互联网连接，可通过连接手机获取所应用的妆容模板及拟合照片。
- 用户可选择分享拟合照片到云平台，并可浏览平台上他人分享的妆容照片。
- 对用户个人历史使用或浏览数据，会在推送时提高优先级。

2. 核心技术——物联网技术

(1) 利用NB-IoT网络技术,实现点对点传输

NB-IoT支持低功耗设备在广域网的蜂窝数据连接，支持待机时间长、对网络连接要求较高设备的高效连接，同时还能提供非常全面的室内蜂窝数据连接覆盖。

NB-IOT聚焦于低功耗广覆盖（LPWA）物联网（IoT）市场，是一种可在全球范围内广泛应用的新兴技术。具有覆盖广、连接多、速率快、成本低、功耗低、架构优等特点。NB-IOT使用License频段，可采取带内、保护带或独立载波等三种部署方式，与现有网络共存。

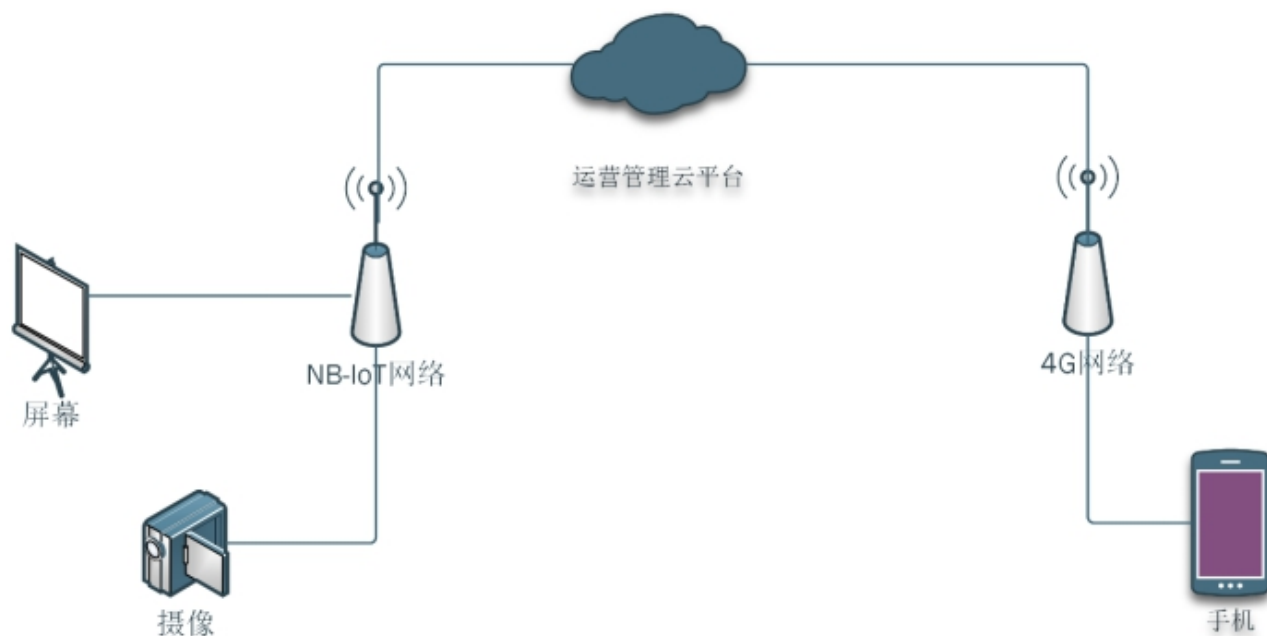


图7 NB-IoT网络技术

(2) 个人标签

利用射频自动识别(RFID)技术，通过计算机互联网实现物品(商品)的自动识别和信息的互联与共享。RFID可以通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据，而无需识别系统与特定目标之间建立机械或者光学接触。

(3) 数据传输

利用无线数据通信技术，构造物联网，通过云服务平台和嵌入式软件实现即时的数据采集和分析建议。将数据自动采集到中央信息系统，实现物品的识别，并进行信息交换和共享。

每一个移动端具有数据传输通路、一定的存储功能、CPU、操作系统、专门的应用程序、遵循物联网的通信协议、在世界网络中有可被识别的唯一编号。

采用存储转发技术实现点对点传输，减少发送端的资源浪费。

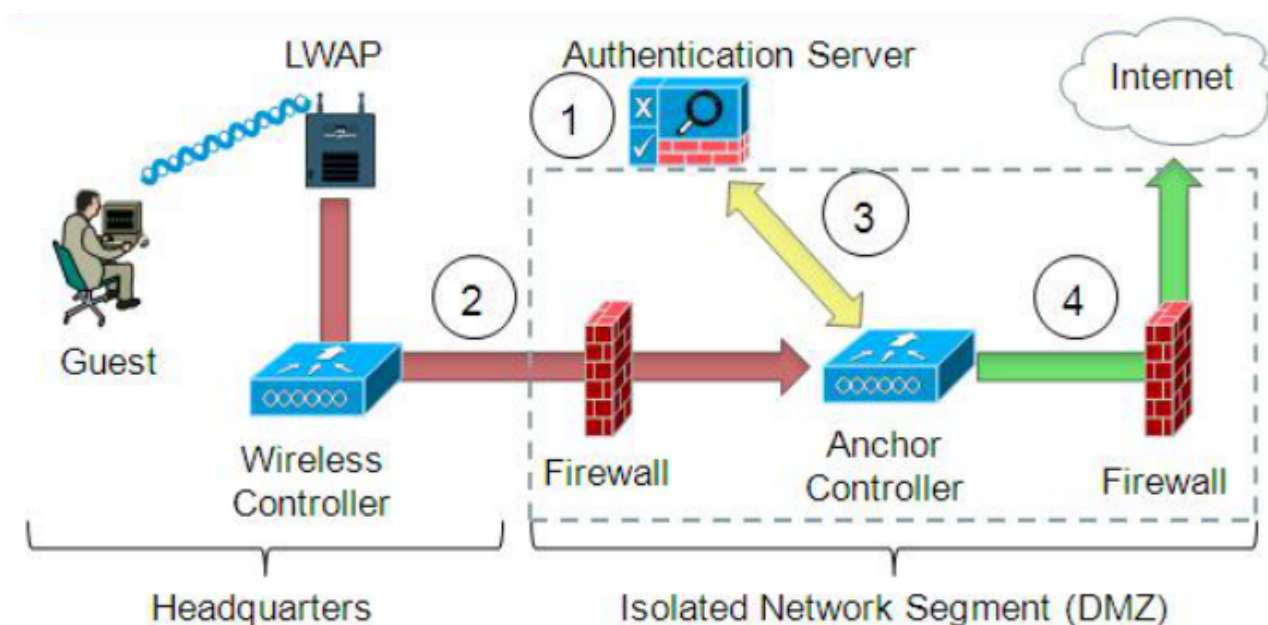


图8 图解数据传输

(3) 数据分析

将所有采集数据通过用户上传到云服务器上，在管理云平台上进行总的计算和分析。包括图像处理、人脸识别、图像拟合等实现。个人信息只储存在产品的扩展存储器上和同步到个人账户的数据库上，受账号密码保护。只有分享的照片能够出现在共享平台上。

3 设计约束条件和限制，以及拟采取的措施

- 在训练卷积神经网络的过程中，会需要多个卷积核去处理图像的各个通道来分析图像的全局特征，卷积核越多，图像通道越多，数据量也会越大。我们需要在多个GPU上分配卷积核来进行运算，而且多层卷积中，后继层的卷积核会越来越多，显然依靠本机GPU不可能完成这项任务，因此需要强大的云计算平台来帮助我们完成这项任务。可能会涉及生产初期成本较高的问题。
- 由于隐私的问题，很难找到足量的人脸数据，训练得到的神经网络可能准确率不高。

4 设计的特色或创新之处

在智能家居概念日渐普及之际，除了主流的智能洗衣机、空调、冰箱、扫地机器人等产品外，以智能恒温器、智能门锁、智能镜子为代表的诸多新概念产品也在逐渐问世，并也在逐渐拥有自己的用户群体。但相对于其他智能家居产品，智能镜属于刚刚开始普及的阶段，目前市场以2B为主，针对2C的消费级市场还没有完全打开，究其原因，我们认为主要有以下几点：

- 实用性不足。比如目前的智能镜子，其功能主要包括天气、日期、新闻的推送，然而这些信息也可以使用微信、视频、音乐、地图导航等应用软件端获得。因此这使得这些功能似乎是直接从手机、平板终端照搬到镜子上，在拥有平板电脑的情况下是否有必要再添加一个智能镜子是值得厂商思考的问题。拿智能卫浴镜来说，用户使用卫浴的时候，大多只是做自身的清洁工作，比如刷牙3分钟，洗脸5分钟等等，如果要充分利用智能卫浴镜，则意味着每天需要在卫浴间呆更长的时间。这种使用场景是否实用，有待市场和厂商共同权衡。
- 生态不够健全。大多数智能镜应用没有针对镜子的使用场景进行软件应用的适配优化，比如针对美妆、健康等应用，使得目前的智能镜停留在“伪刚需”的层面，无法真正解决人们在日常生活中遇到的一些麻烦，更无法实质性地提高人们地生活效率与生活质量。

5 设计实现后的应用前景展望

智能化妆镜将在很大程度上减少女性朋友用于化妆的时间，同时也能够满足女性用户对细节、对妆容的极值追求，在一定程度上提高她们的生活质量。

随着科学的发展，未来更多的技术也将会被应用到智能化妆镜上，例如采用AR、语音识别、3D建模等技术，为用户提供更加真切的体验；同时逐渐成熟的技术也会降低智能化妆镜的生产成本，让它真正走入普通群众的日常生活中。

智能化妆镜作为智能家居的新一代概念产品，将会为智能家具的发展提供一些经验，例如如何提高产品的针对性，真正满足人们的“刚需”，而不是简单地追求所谓的“科技感”，使其成为手机平板的变形，而没有解决真正的问题。

智能化妆镜在发展过程中，也可以思考如何与其他智能家居产品，甚至是家居装修相结合，在物联网生态系统的基础上，实现对家居生活的升级改变。

6 附录

附录一

```

1 %build
2 function predict_transfer_alexnet()
3 net = alexnet;
4 transferLayer = net.Layers(1:end-3);
5 imds = imageDatastore('dataset/train_images', 'includeSubfolders',true,...
    'labelsource','foldernames','ReadFcn',@IMAGERESIZE);
6 T = countEachLabel(imds);
7 disp(T);
8 [imdsTrain,imdsTest] = splitEachLabel(imds, 0.5);

```

附录二

```

1 %train
2 layers = [transferLayer;
3     fullyConnectedLayer(32, 'WeightLearnRateFactor',50, 'BiasLearnRateFactor',50);
4     softmaxLayer();
5     classificationLayer()];
6 options = trainingOptions('sgdm', 'Maxepochs',50, 'MiniBatchSize', 16,...
7     'InitialLearnRate',0.0001);
8 network = trainNetwork(imdsTrain,layers,options);

```

附录三

```

1 %predict
2 predictLabels = classify(network,imdsTest);
3 testLabels = imdsTest.Labels;
4
5 accuracy = sum(predictLabels == testLabels)/numel(predictLabels);
6 disp(['accuracy:',num2str(accuracy)]);
7
8 save('network');

```

附录四

```

1 function read()
2 global filename pathname picture1
3 [filename, pathname] = uigetfile('*.png', 'Test Image');
4 imgpath = strcat(pathname, filename);
5
6 picture1 = imread(imgpath);
7 subplot(2,2,1);
8 imshow(picture1);
9 load('network.mat');
10 imds = imageDatastore(imgpath, 'includeSubfolders', true, 'labelsource',...
11     'foldernames', 'ReadFcn', @IMAGERESIZE);
12 predictLabels = classify(net, imds);
13 disp(predictLabels);

```