



基于单播流的 IPTV 频道切换提速方案研究

翁 颐, 姚 良, 奚 溪

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘 要: IPTV 多播频道切换时延是 IPTV 业务用户体验质量(QoE)指标的重要组成部分。分析了影响频道切换时间的诸多因素,并对一种由 FCC 服务器下发特制的以 I 帧为起始的单播节目流提升频道切换时间的方法进行了具体的理论分析和测试验证。

关键词: IPTV; 快速频道切换; 体验质量

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.09.024

Research on a Unicast-Based IPTV Channel Change Solution

Weng Yi, Yao Liang, Xi Xi

(Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: Channel zapping time is a major factor in the IPTV quality of experience. The factors that impact the length of the channel zapping time were analyzed, and a unicast-based fast channel change solution was studied both theoretically and experimentally.

Key words: IPTV, fast channel change, QoE

1 引言

IPTV 多播频道切换时延是 IPTV 业务用户体验质量 (quality of experience, QoE) 指标的重要组成部分。频道切换时延是指从用户操控遥控器发起频道切换请求开始,到被请求频道的画面在电视屏幕上出现所经过的时间。一般而言,人们可接受的频道切换时延应在 1 s 之内。如频道切换时延超过 2 s,会有明显的滞后、停顿感,用户容易厌烦。

IPTV 的频道切换和传统电视不同,在传统的有线电视网络中,视频终端同时接收所有的频道信号,频道切换时间在 0.5 s 左右,数字电视的频道切换时间因有解码过程,较有线电视稍长,但也在 1 s 以内。IPTV 受接入网的带宽限制,终端同时只能接收一路频道,而且, IPTV 的频道切换过程需要复杂的网络信令交互,因此, IPTV 多播频道切换时延累计会较长。

2 相关研究

目前,业界经过不断探索和实践提出了若干改善频道切换时间的方法。

(1) 预测接入技术

根据用户行为预测下一个需要切换的频道并提前加入多播组,节省加入多播组时间。即使不考虑预测失败的情况,用户会同时接收 2 个或 2 个以上的频道,造成带宽浪费。

(2) 接入流技术

发送正常视频流的同时发送另外一条流,即接入流或从流,这条流的特征是 I 帧比较密,码率比较低。频道切换时,客户端同时接收正常的视频流和从流,由于从流的 I 帧密,客户端接收到从流后可快速找到 I 帧进行解码播放,达到提高速度的效果。这种技术对带宽的额外占用不



大,但是要求对多播源进行改造,实施的难度较大。

(3)快速 I 帧下发技术

指由一个媒体服务器直接从 I 帧位置开始快发单播形式的媒体数据,终端接收完成 I 帧后直接播放,一定时间后终端再申请加入多播,最终过渡到多播流。这种方式除了需要新增专门的媒体服务器外,对现网的改造不大,从原理上说,切换速度提升效果明显,对运营商来说是个较好的选择。因此,本文选择针对这种技术进行进一步的分析 and 研究。

3 IPTV 多播频道切换时延的组成成分

在现有的 IP 多播环境下,从用户下达频道切换指令到新频道播放之间要经过诸多过程。机顶盒在接到红外指令后需发送 IGMP (internet group management protocol,互联网组管理协议) leave 消息离开上一个频道的多播组,并适时发送 IGMP join 消息加入新频道的多播组,新频道的 RTP(real-time transport protocol,实时传输协议)流到达后,还无法立刻解码,需等待第一个完整的 I 帧接收完毕才能解码和播放。

因此,整个 IPTV 频道切换时间可概括为以下几个组成部分。

- 红外遥控时间:从遥控器发出频道“+/-”红外信号到 STB(set top box,机顶盒)发出 IGMP leave 之间的时间。这部分时间为机顶盒内部逻辑所消耗的时间。
- IGMP 过程:从发出 IGMP leave 到收到第一个多播 UDP(user data protocol,用户数据报协议)分组的时间。取决于多播频道离开、加入时延以及机顶盒在离开、加入操作间等待的时间。
- I 帧时间:分为等待 I 帧时间和 I 帧传输时间。等待 I 帧时间,即从第一个多播分组到第一个包含 I 帧的多播分组的时间,受随机性和频道 GOP(group of pictures,

画面组)大小影响;I 帧传输时间,即第一个完整的 I 帧传输完成的时间。

- 解码时间:包括缓存时间以及解码出第一帧图像的时间。

不同的影响因素会影响整体切换时间的不同组成部分,下面通过一些测试对各种影响因素的影响效果进行分析。

4 影响 IPTV 多播频道切换时间的因素

4.1 不同接入方式对切换时间的影响

表 1 为使用 PON(passive optical network,无源光纤网络)与 ADSL(asymmetric digital subscriber line,非对称数字用户环路)不同接入方式下的切换时间的对比结果。每种接入方式,对 5 个相邻 1.6 Mbit/s 标清频道连续切换,重复 5 组,取平均值。不同接入方式仅影响整体切换时间中的 IGMP 时间。从表 1 可以看出,PON 方式下 IGMP 离开时延明显快于 ADSL 方式,但是对整体切换时间(表 1 中的 QoE 时间)影响不大。不同接入方式下,测得整体切换时间的差别不大。

另外,测试中还对不同接入带宽(2 Mbit/s 与 4 Mbit/s)以及不同的用户接入设备进行了对比,均对整体切换时间影响不大。

4.2 使用不同机顶盒对切换时间的影响

机顶盒的不同对整体切换时间的各个组成成分均有影响。

图 1 为使用 6 款不同制造商不同型号的机顶盒,在 ADSL 2 Mbit/s 的接入环境下,对 1.6 Mbit/s 标清频道切换时间的上述几个组成成分进行的测算(每款机顶盒对 5 个相邻的频道连续切换,重复 5 组,取平均值)。

由图 1(a)可得到,解码时间对于不同型号的机顶盒差别较大。而虽然不同机顶盒的 IGMP 离开时延和 IGMP 加入时延基本相同,但不同机顶盒在发送 IGMP leave 和发送 IGMP join 之间的间隔时间有所差别。

表 1 不同接入方式对切换时间影响对比

接入方式	离开频道时延/ms	离开频道到加入频道时间间隔/ms	加入频道时延/ms	QoE 时间/ms	测试地点
A 厂商 PON	0	141	53.96	1 031	A 机房
B 厂商 PON	3	141.88	36.68	1 142	A 机房
C 厂商 PON	0.24	222.8	60.64	1 240	B 机房
PON 平均	1	169	50	1 138	
A 厂商 ADSL	35.28	118.6	87.88	1 179	A 机房
B 厂商 ADSL	16	203.08	47.16	1 120	B 机房
C 厂商 ADSL	28.8	117.24	52.56	1 115	A 机房
ADSL 平均	27	146	63	1 138	

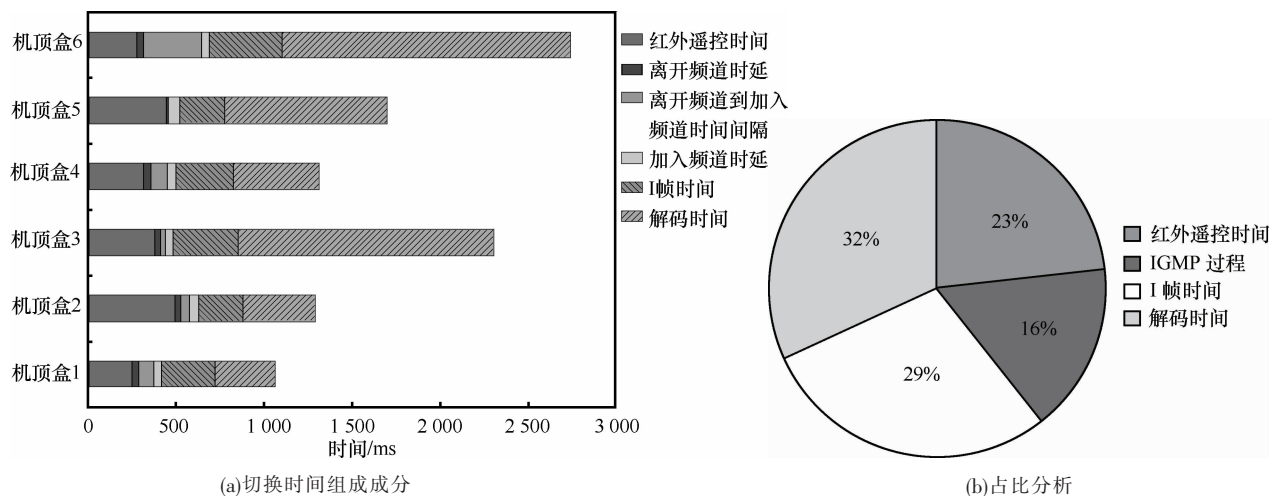


图 1 不同型号机顶盒切换时间组成成分与占比分析

图 1(b)对该 6 款机顶盒的切换时间组成成分进行平均,得到不同组成成分的占比饼图。从图中观察得到,解码时间在整个切换时间占比最大,达 32%,而 I 帧时间和 IGMP 时间相加也达到较为可观的 39%。

4.3 同款机顶盒不同码流的切换时间对比

图 2 为使用同一个机顶盒,分别对 2.5 Mbit/s 与 1.6 Mbit/s 频道切换时间的几个组成成分进行的测算(每个码流对 5 个相邻的频道连续切换,重复 5 组,取平均值)。

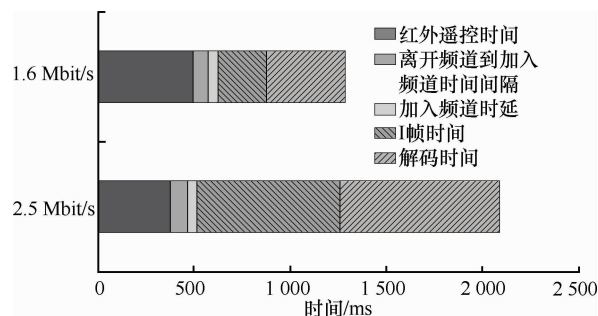


图 2 同款机顶盒不同码流情况下切换时间组成成分分析

从图 2 观察得到,更高的码流下,切换时间中的 I 帧时间和解码时间均变长。这是因为高码流情况下 I 帧的大小变大。

5 基于单播流的 FCC 方案

FCC (fast channel change, 快速频道切换) 是一种由 FCC 服务器快发特制的以 I 帧为起始的单播节目流来提升频道切换时间的方法。

通过网络中部署 FCC 服务器,可以回避等待 I 帧时

间与 IGMP 交互时间,提升 I 帧传输时间,从而提高频道切换速度。

基于 FCC 的频道切换过程可大致分为如下 3 个阶段。

(1) FCC 服务端加入每个频道的多播组中,缓存从终端通过多播方式发送下来的每个频道的视频信息。

(2) 当 STB 发起频道切换时,首先向 FCC 服务端发送请求信息, FCC 服务端将缓存的最新的频道信息以单播方式 $N(1 < N < 2)$ 倍快速推送给 STB。快推的单播流直接以 I 帧为起始,不需要机顶盒等待 I 帧。

(3) STB 加入新频道的多播组中, FCC 服务端停止单播推送。

6 基于单播流的 FCC 方案及使用效果

假设频道的码流速率为 R 。FCC 服务器快发的单播流速率大于 R ,为 $(1+e)R$ 。由于用户侧带宽有限,通常 $e < 1$ 。

使用 FCC 方案提升频道切换速率有以下几点需要考虑。

- 一次切换中, FCC 服务器的单播流的服务时间 T_s 应尽量短,这样可以减少 FCC 服务器的压力。
- 从切换到画面播出的时间 T_p 应尽量短,这是实际观测到的频道切换时间。
- 单播流的快发速率 $(1+e)R$ 不能太大,这是对用户侧带宽的要求。
- 切换的过程中,不出现卡、花屏等质量劣化的现象。

由于 FCC 服务器处对收到的多播流进行特殊处理,发给机顶盒的单播流起始并不是申请频道切换的当前时间起始,而是当前时间之前的前第一个 I 帧或前几个 I 帧



起始。因此,单播流起始的节目内容要较多播流早一段时间,这段内容 B_{rap} 将由单播流以 eR 的速率追赶上,同步时间 $T_{\text{ca}}=B_{\text{rap}}/eR$ 。由于多播加入的时延 T_1 无法准确预测,可以选择单播内容恰好追赶上多播内容时由机顶盒发送 IGMP join,如图 3(a)所示。如果在单播内容与多播内容同步之前发送 IGMP join,虽然有可能缩短 FCC 服务器需要发送单播流的时间 T_u ,如图 3(b)所示,也有可能使得多播流在内容同步之前到达,从而单播流被迫降速(考虑 STB 处带宽

有限的情况下,存在两条流时,不降速会引起分组丢失),反而延长 T_u ,如图 3(c)所示。另外,参考表 1,IGMP 加入时延为 30~100 ms,提前发 IGMP join 至多节省 100 ms 的单播流发送时间,而以降速后的速率追赶欠缺的内容所延长的时间可能达到秒级。

如图 3(a)所示的 FCC 方案中,多播流到达时,恰好单播流结束,单播流与多播流能完美衔接。但实际上,机顶盒需要在收到第一个多播分组后,以某种约定好的信令消息

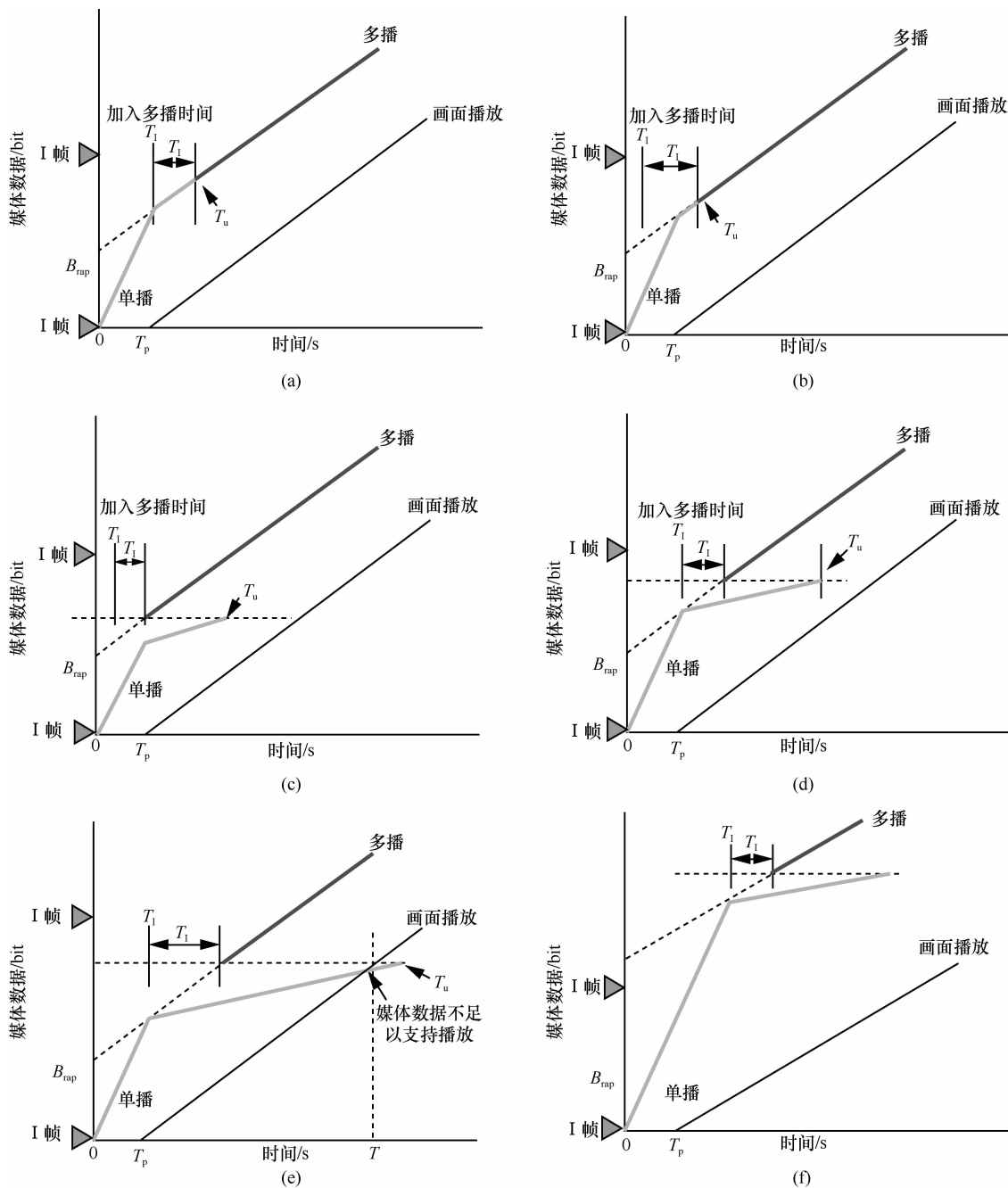


图3 使用 FCC 方案时,机顶盒收到的比特数与时间的对比

表 2 不同 FCC 方案的使用效果实测对比

	频道	频道 GOP/s	无 FCC 时切换时间/ms	有 FCC 时切换时间/ms	频道码率/(Mbit·s ⁻¹)
图 3(a)方案	频道 5-频道 6	0.64	949.9	520.2	1.6
	频道 6-频道 5	2	1 821.7	568.8	1.6
图 3(d)方案	频道 1-频道 2	0.4	782.8	552.9	6
	频道 2-频道 3	1.1	1 287.6	560.7	2.5
	频道 3-频道 4	1.32	1 696.6	606.0	2
	频道 3-频道 2	0.4	634.1	427.0	6

通知 FCC 服务器停止发流,而 FCC 服务器在收到该消息后,需要做出响应,停止发流。在这个过程中存在一个短暂的时间段,机顶盒侧会收到两条速率为 R 的流,有可能超过用户侧的带宽。这段时间的长度取决于机顶盒的响应时间、FCC 服务器的响应时间以及机顶盒与 FCC 服务器间信令交互时延。

考虑到以上情况,有一种更为保守的做法如图 3(d)所示,单播流速率在同步后从 $(1+e)R$ 降速为 eR ,从而多播流无论何时到达,都不会超过用户侧带宽。然而,这种做法下,如图 3(e)所示,可能会造成单播线与播放线交叉,即机顶盒在单播与多播流过渡过程中出现无数据可播放的情况,表现为画面卡、停或花屏。单播流必须在接收完第一个多播分组前的所有分组后才能停止,因此 $T_u = T_{\text{cut}} + \frac{T_j R}{eR} = T_{\text{cut}} + \frac{T_j}{e}$;在第一个多播分组之前的内容可供机顶盒播放的时间 T 为: $T = \frac{B_{\text{rsp}} + R \times (T_{\text{cut}} + T_j)}{R} + T_p = \frac{B_{\text{rsp}}}{R} + T_{\text{cut}} + T_j + T_p$ 。如果要避免发生单播与多播流过渡时出现无数据可播放的情况,必须有 $T_u < T$,即:

$$\frac{B_{\text{rsp}}}{R} + T_p + (1 - \frac{1}{e})T_j > 0 \quad (1)$$

即,如果 IGMP 加入时延 T_j 过长,而 e 又比较小时,可能会出现上述断流,画面卡、停或花屏的现象。为了避免这种现象,还可以采用如图 3(f)所示的做法,从请求切换时间之前的前第几个 I 帧起始发送单播流,而不是从第一个 I 帧开始。由于播放线和多播线之间的距离大大增加,这样会大大降低单播线与播放线交叉的可能性。

对上述两种 FCC 方案(如图 3(a)、图 3(d)所示),分别对其使用效果进行了实测对比,每组频道切换重复 10 次

取平均,结果见表 2。两种方案在使用后,均能将原未使用 FCC 时的频道切换时间大大减小,且最终的频道切换时间类似,均为 500 ms 左右。这是因为最终的频道切换时间 T_p 取决于解码缓存需要的字节数多久以后才能被填满,假设快发速率 $(1+e)R$ 相同, T_p 的大小不随方案的改变而改变。另外,不同的频道 GOP 时间所带来的频道切换时间的差异也在使用了 FCC 之后消失,这是因为等待 I 帧的时间已经被省略。

在使用图 3(a)方案时,虽然可以观察到短时间内有两条速率为 R 的流并存的现象,但未发现 RTP 分组丢失和播放效果劣化。这是因为通常网络设备本身具备一定的缓存,短时间内超出带宽不会引起分组丢失。通过在网络中增加时延,人为增加单播多播流并存的时间后,观察到了画面卡、停和花屏的现象。对于图 3(d)方案时,在正常的 IGMP 加入时延的情况下,切换正常。在网络中人为增加 IGMP 加入时延使式(1)不满足后,同样可观察到画面卡、停和花屏的现象。如果由图 3(d)方案转为图 3(f)方案,可提高其对 IGMP 加入时延的容忍性,但需付出 FCC 服务器单播服务时间很长、效率低下的代价。

7 结束语

本文首先对 IPTV 多播频道切换时间的组成成分进行了分析,并对影响频道切换时间的一些因素进行了测试对比。在此基础上,本文对基于单播流的频道快速切换解决方案进行了理论分析,并提供了实际测试的结果对比。

参考文献

- Li Z, Begen C A, Zhu X Q, et al. Accelerated IPTV channel change with transcoded unicast bursting. Proceedings of ACM Conference on Multimedia, Florence, Italy, 2010



6 结束语

基于多网络环境下的系统配置、终端、用户行为和业务情况等的综合数据,利用不同场景下的特征和算法对LTE网络进行动态规划,实现覆盖规划和容量规划的最优化,有助于根据不同区域的用户综合业务感知、发展趋势、业务支撑及综合价值等特性,对4G网络的优先规划、业务分流和动态优化等工作提供数据基础和特征模型,为建设优质LTE网络提供指导和帮助。

参考文献

- 1 戴源,朱晨鸣,王强等. TD-LTE 无线网络规划与设计. 北京:人民邮电出版社,2012

[作者简介]



刘威,女,北京电子科技职业学院通信技术系副教授、系主任,主要研究方向为无线通信、系统仿真。

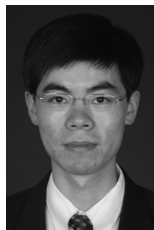


陈海燕,女,北京电子科技职业学院通信技术系工程师、系副主任,主要研究方向为移动通信。

(收稿日期:2014-06-10)

(上接第163页)

- 2 布国磊. IPTV 直播业务快速频道切换的研究与实现. 南京邮电大学硕士学位论文,2009
- 3 罗斯青. 一种改进的IPTV快速频道切换技术方案. 电信科学,2007,23(10):22~25
- 4 RFC4585. Extended RTP Profile for Real-time Transport Control Protocol (RTCP)-Based Feedback (RTP/AVPF),2006

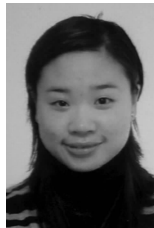


姚良,男,中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师,主要研究方向为宽带接入网、移动业务网络。

[作者简介]



翁颐,女,中国电信股份有限公司上海研究院工程师,主要研究方向为宽带接入网、IPTV业务质量。



奚溪,女,中国电信股份有限公司上海研究院工程师,主要研究方向为IPTV业务质量。

(收稿日期:2014-05-08)

·简讯·

2014年7月电话用户分省情况

2014年7月份统计数据显示,全国固定电话用户数为25 696.1万户,其中城市电话用户数17 983.7万户,农村电话用户数为7 712.4万户;全国移动电话用户数为126 340.6万户。

全国统计的电话用户主要分布在东部、中部和西部地区。东部固定电话用户数为13 956.1万户,其中城市电话

用户数为9 637.6万户,农村电话用户数为4 318.4万户;东部移动电话用户数为62 470.2万户。中部固定电话用户数为6 286.7万户,其中城市电话用户数为4 295.9万户,农村电话用户数为1 990.9万户;中部移动电话用户数为32 949.9万户。西部固定电话用户数为5 453.2万户,其中城市电话用户数为4 050.2万户,农村电话用户数为1 403.1万户;西部移动电话用户数为30 919.7万户。

(来源:工业和信息化部运行监测协调局)