

不同信息模式下流量赞助服务对电信服务供应链的影响研究

周云¹, 蒲雅琦², 代宏观³, 周伟华^{2*}

(1. 浙江工业大学 管理学院, 浙江 杭州 310023; 2. 浙江大学 管理学院, 浙江 杭州 310058;
3. 中央财经大学 商学院, 北京 100081)

摘要: 流量赞助服务允许内容提供商为用户消费其内容产生的流量提供赞助。流量赞助服务对电信服务供应链的影响机制,是电信服务领域的重要问题之一。本文考虑电信服务两级供应链,构建以互联网服务提供商为领导者、内容提供商为追随者的 Stackelberg 博弈模型,探讨流量赞助服务对供应链参与者及其社会福利的影响。研究表明,流量赞助服务有利于供应链的绩效。首先在完全信息情境下,互联网服务提供商的先发优势使其获得超额收益,流量赞助服务降低内容提供商的收益。其次探讨了内容提供商的运营成本为其私有信息的情形,此时上述先发优势被削弱,内容提供商也可能从流量赞助服务获益,互联网服务提供商的收益则可能受损;此外,博弈可能形成两种极端均衡结果:(1)若内容提供商收取的订阅费较高而单位成本较低,流量赞助服务产生帕累托改进;(2)若单位成本较高,流量赞助服务导致序贯囚徒困境。最后比较分析两种信息模式下的影响机制,并为政府进行市场规制提出策略建议。

关键词: 流量赞助服务; 电信服务供应链; Stackelberg 博弈; 私有信息; 市场规制

中图分类号: F224.32; F626 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6062(2023)06-0227-015

DOI: 10.13587/j.cnki.jieem.2023.06.019

0 引言

流量赞助服务是指互联网服务提供商允许内容提供商为用户访问自身内容(比如影音媒体、在线游戏、在线出版、教育以及用户自创内容)时所产生的数据流量提供赞助式补贴,从而使其流量消耗不计入用户的流量上限的创新商业模式。近年来,许多互联网服务提供商推出了这种灵活的流量费定价模式。比如,在流量套餐未耗尽的情况下,用户可以从 Netflix、YouTube、Amazon、TikTok、HBO 等多个内容服务商享受无限的视频流。因此,近年来,赞助流量服务在全球市场上经历了爆炸式增长^[1]。截至 2018 年底,TikTok 通过提供流量赞助等运营策略,已经在全球 150 多个市场上线,并被翻译成 75 种语言。作为一个提供免费基础服务的内容提供商,Facebook 声称要为发展中国家的用户提供可负担的互联网接入服务。在中国,三大移动运营商中国联通、中国移动和中国电信与不同的内容提供商合作,向终端用户提供各种无线手机套餐,允许用户使用特定的应用程序,而不计入每月的流量上限。例如,中国联通用户订阅“大王卡”套餐,即可免费使用腾讯集团旗下的任何应用。流量赞助看起来似乎对电信服务供应链的各参与方都有利:互联网服务提供商可以直接向内容提供商收取额外流量费,拓宽营收渠道;内容提供商可以通过对用户的流量补贴吸引用户,提高用户黏性;用户则可以在不增加流量的情况下享受更多的互联网服务。

然而,流量赞助服务的商业化应用引起了广泛的争议。批评者认为流量赞助违背了网络中立原则。印度和埃及等几个国家因而禁止了流量赞助服务。然而,另一种声音则表示,流量赞助服务在某些情况下仍遵循网络中立性原则。例如,美国联邦通信委员会于 2017 年 2 月结束了对 Verizon、AT&T 和 T-Mobile 的零费率政策的调查,认为该政策并未违背网络中立性原则。鉴于当前关于流量赞助服务的合法性尚未达成全社会共识,政府监管部门和行业参与方都迫切需要更加深入了解流量赞助对电信服务市场的影响。已有研究中,鲜有文献同时考虑三个参与方——互联网服务提供商、内容提供商和用户——以及市场的整体社会福利来探讨流量赞助服务对电信服务市场的影响机制。此外,这种影响与互联网服务提供商和内容提供商之间的信息情境(信息对称性)紧密相关^[2]。例如,已知内容提供商的流量赞助策略与其运营成本有关,若互联网服务提供商对内容提供商的成本信息不了解,则由于难以准确预见内容提供商会采取何种赞助策略,互联网服务提供商在制定运营决策过程中面临收益的不确定性。因此,在完全信息和不完全信息两种情境下,研究流量赞助服务会如何影响电信服务供应链相关方的收益(效用)和社会福利,具有重要的社会意义和研究价值。

本研究基于供应链视角^[3],探讨流量赞助服务对电信服务供应链参与者的收益(效用)和整体社会福利的影响。我们的研究不关注流量赞助是否违反网络中立性的问题,而是

收稿日期: 2021-06-26

基金项目: 浙江省哲学社科规划项目(22NDJC054YB);国家重点研发计划资助项目(2019YFB1404901);国家自然科学基金重大项目(72192823)

*** 通讯作者:** 周伟华(1976—),男,江苏无锡人;浙江大学管理学院教授、博士生导师;研究方向:物流网络规划、供应链协同、供应链金融。

借助经济学框架探讨在不同的情境下互联网服务提供商和内容提供商之间采取什么样的交互策略。也就是说,我们关注流量赞助服务对互联网服务提供商和内容提供商的运营决策和收益、消费者剩余以及整体社会福利的影响。在电信服务市场的宏观层面,构建 Stackelberg 博弈模型,包括一个互联网服务提供商作为领导者,一个内容提供商作为追随者。互联网服务提供商决定网络接入价格,即流量费。内容提供商则在互联网服务提供商开放赞助服务的情况下,决定为多少比例的用户消耗流量(浏览内容提供商的内容而引起的消耗)提供赞助。考虑完全信息和不完全信息两种信息情境,其中不完全信息是指互联网服务提供商不知道内容提供商的运营成本信息。

从均衡策略来看,在完全信息和内容提供商提供的赞助比例与内容提供商的订阅费(或边际成本)紧密相关。一般来说,订阅费越高、边际成本越低,内容提供商的赞助比例越高。从影响机制来看,研究结果表明流量赞助服务未必始终有利于提高电信服务供应链的参与者的收益(效用)和整体福利。由于互联网服务提供商具有先发优势,在博弈中通过定价策略可以攫取额外的收益,从而对内容提供商的收益、用户效用乃至整体福利造成损失。

此外,不同信息模式下,流量赞助服务对电信服务供应链的影响机制存在较大差异。在完全信息模式下,当内容提供商收取的订阅费低于一定水平,内容提供商不会提供流量赞助,因此电信服务供应链不受影响。而在内容提供商提供赞助以后,流量赞助服务始终提高互联网服务提供商的收益,损害内容提供商的收益。用户效用和社会福利所受的影响则取决于具体的参数:内容提供商的订阅费高于某个阈值时,流量赞助服务提高用户效用和社会福利;低于阈值时则恰恰相反。

在不完全信息模式下,内容提供商的订阅费处于较低水平时,不会提供流量赞助,因而流量赞助服务对电信服务供应链产生影响。随着订阅费的提高,内容提供商开始提供流量赞助。若内容提供商的边际成本相对于订阅费处于较高水平,则流量赞助服务会降低互联网服务提供商的收益,且供应链陷入序贯囚徒困境,所有参与者的收益(效用)和社会福利都出现下降。边际成本相对于订阅费处于较低水平时,内容提供商的收益反而因流量赞助服务的开放而增加,用户效用提高,供应链实现帕累托改进。内容提供商的边际成本

作为其私有信息可以在一定程度上削弱互联网服务提供商的先发优势,提高电信服务收益的分配公平性。

本研究的主要贡献有:(1)探究流量赞助服务对电信服务供应链相关参与方及整体社会福利的影响机制;(2)证明内容提供商成本作为其私有信息,可以在一定程度上削弱互联网服务提供商的先发优势,提高电信服务收益的分配公平性。(3)发现内容提供商成本为其私有信息时,在特定条件下,存在帕累托优化——流量赞助服务提高了所有参与方的收益(效用)而没有损害任何一方的收益(效用)。(4)为政府对电信服务供应链的市场监管和规制提供启示和策略建议,“一刀切”式地对流量赞助服务实施禁令并不是一个最佳的选择。

本文各节安排如下:第1节综述已有的相关文献;第2节研究完全信息的 Stackelberg 博弈模型,给出均衡解、供应链相关方的收益(效用)以及社会福利;第3节研究不完全信息的 Stackelberg 博弈模型,给出均衡解、供应链相关方的收益(效用)以及社会福利;第四节对两种模型下的均衡结果进行比较分析,并提出市场监管的启示和策略建议;第5节总结全文工作,指出研究不足以及值得进一步研究的问题。

1 文献综述

目前,已有较多的文献对流量赞助服务开展研究。目前,已有较多的文献对流量赞助服务开展研究。从流量赞助对利益相关方的影响来看,已有研究普遍认为提供流量赞助服务对互联网服务提供商、内容提供商和用户三方都有利。Guo 等^[4]研究发现,放弃网络中立原则有时可能会引起消费者剩余和宽带市场覆盖率的增加。Zhang 等^[5]认为,当互联网服务提供商的网络设施拥有足够的负荷能力时,赞助数据在短期内有利于消费者和内容提供商。Joe-Wong 等^[6]提出,所有三方都可以从流量赞助中获益,但用户的效用增加量比内容提供商更多。Ma^[7]的研究结果表明,补贴竞争将增加在线内容市场的竞争力和福利。而如果市场没有足够的竞争力,监管机构可能需要采取以下措施:(1)监管准入价格,在网络高度拥挤的情况下,调整补贴。然而,Mei 等^[12]研究发现,流量赞助对消费者剩余的影响还取决于信息是否完全——在完全信息博弈中,流量赞助不能提升消费者剩余;(2)在不完全信息博弈中,流量赞助提高消费者剩余。表1总结了流量赞助服务的影响相关研究。

表1 流量赞助服务的影响相关文献

Table 1 The related literature on the impact of data sponsorship service

研究	影响因素	互联网服务提供商	内容提供商	用户	社会福利
Guo 等 ^[4]	ISP 的定价	×	×	√	√
Zhang 等 ^[5]	流量赞助服务	√	√	√	×
Joe-Wong 等 ^[6]	流量赞助服务	√	√	√	×
Ma ^[7]	流量赞助服务	√	×	×	√
Andrews ^[8]	流量赞助服务	√	√	×	√
Somogyi ^[9]	零费率(Zero-rating)	×	×	√	√
Jullien 和 Sand-Zantman ^[10]	流量赞助服务	×	×	×	√
Jeitschko 等 ^[11]	流量赞助服务 & 纵向合并	×	×	×	√
Mei 等 ^[12]	流量赞助 & 私有信息	×	×	√	×
本文研究	流量赞助服务	√	√	√	√

也有研究关注流量赞助服务对电信服务市场社会福利的影响。Somogyi^[9]描述了互联网服务提供商开放赞助决定的不同条件,并提出流量赞助数据对社会福利的影响是混合的。其研究表明,如果内容具有吸引力,零评级对消费者有利;而如果内容缺乏吸引力,则可能不利于社会福利。Jeitschko等^[11]发现,以降低独立内容提供商的收益为代价,零评级和垂直整合在改善社会福利方面存在互补关系;当出现货币转移时,流量赞助总是提升社会福利。类似地,Satybaldy和Joo^[13]的研究表明,存在转移支付时,互联网服务提供商和内容提供商的合作可以提高各自的收益,实现更高的社会总福利。

此外,信息完备性在博弈均衡中起着至关重要的作用。少数研究在信息完备的情况下建立模型,如Andrews等^[8]假设互联网服务提供商具有所有参数的相关信息。也有研究在信息不完全的情境下对互联网服务提供商和内容提供商之间的交互构建模型。例如,ElDelgawy和La^[14]将互联网服务提供商和内容提供商视为只对其收益感兴趣的私人实体;Kim^[15]构建不完全信息下的双领导者(互联网服务提供商和内容提供商)博弈模型。

然而,鲜有研究基于完全信息和不完全信息两种博弈情境,同时关注流量赞助服务对三方(互联网服务提供商、内容

提供商和用户)及社会福利的影响。本文通过在宏观层面上考虑一个具有一个互联网服务提供商和一个内容提供商的电信服务供应链,对两种博弈情境下流量赞助的影响进行分析,并系统比较两者的异同,为市场监管者和市场参与者提供新洞见。

从模型构建来看,现有研究普遍把电信服务市场构建为以互联网服务提供商作为平台的双边市场模型,互联网服务提供商连接内容提供商和用户^[16];也有研究将互联网服务提供商和内容提供商作为双领导者、用户作为追随者构建Stackelberg博弈模型^[15]。本文将电信服务市场视为一个两级供应链,并以互联网服务提供商为领导者、内容提供商为追随者构建Stackelberg博弈模型^[5]。互联网服务提供商和内容提供商都对互联网的价值链有所贡献^[7]。因此,可以将互联网服务提供商和内容提供商都视为用户的服务供应商——互联网服务提供商提供网络通信,内容提供商提供满足需求的在线内容。表2比较了本研究 and 基于Stackelberg模型的研究在模型构建和主要结论方面的异同。

2 完全信息的 Stackelberg 博弈

本节考虑一个两级电信服务供应链(简称TSSC),包括一个互联网服务提供商(简称ISP)和一个内容提供商(简称

表2 基于Stackelberg博弈模型的研究比较

Table 2 The comparison of the studies on the impact of data sponsorship service using the model of Stackelberg game

研究	领导者	领导者的决策	追随者	追随者的决策	主要研究结论
Zhang等 ^[5]	互联网服务提供商	对单个内容提供商收取的流量费,用户的流量上限	内容提供商	成为普通提供商还是赞助提供商	(1)若互联网服务提供商拥有足够的带宽,则流向赞助对内容提供商和消费者都有利,但从长期来看,互联网服务提供商没有意愿进一步提高带宽; (2)若互联网服务提供商的带宽不充足,则互联网服务提供商和终端消费者实现双赢,而互联网服务提供商和内容提供商之间则存在收益竞争; (3)流量赞助可能会扩大不同内容提供商的收益差异。
Andrews等 ^[8]	互联网服务提供商	流量赞助定价	内容提供商	流量赞助比例	(1)可以设计出协调契约以最大化系统整体收益; (2)流量赞助带来的额外收益可以任意比例在内容提供商和互联网服务提供商之间进行分配。
Mei等 ^[12]	互联网服务提供商、内容提供商和用户	是否允许流量赞助	内容提供商	用户 是否接受流量赞助,选哪个内容提供商	(1)在完全信息博弈中,流量赞助不能提升消费者剩余; (2)在不完全信息博弈中,流量赞助提高消费者剩余; (3)相对于完全信息,在不完全信息博弈中,互联网服务提供商在更大范围的市场情形下,愿意支持流量赞助。
Satybaldy和Joo ^[13]	互联网服务提供商1	流量费,转移支付金额	互联网服务提供商2;内容提供商	向内容提供商收的流量费;赞助的内容量	(1)互联网服务提供商和内容提供商的合作可以提高各自的收益,实现更高的社会总福利。
ElDelgawy和La ^[14]	互联网服务提供商和内容提供商	提供合约 $\Gamma = (Q, p)$	内容提供商和互联网服务提供商	是否接受合约	(1)互联网服务提供商和内容提供商,无论谁是具有更强讨价还价地位的领导者,实现的社会效率都是相同的; (2)在特定条件下,互联网服务提供商的服务质量随着合同期限变长而增加。
Kim ^[15]	互联网服务提供商和内容提供商	流量费;流量赞助水平	用户	是否消费	(1)基于双追随者模型设计了一种新的流量赞助控制方案。
Xiong等 ^[17]	互联网服务提供商和内容提供商	流量费,流量赞助策略	用户	订阅决策	(1)在流量赞助市场,网络效应提高市场参与方的收益(效用); (2)互联网服务提供商和内容提供商之间合作比竞争好。
本文研究	互联网服务提供商	流量费	内容提供商	流量赞助比例	(1)博弈可能形成两种极端均衡结果:①若内容提供商收取的订阅费较高而单位成本较低,流量赞助服务产生帕累托改进;②若单位成本较高,流量赞助服务导致序贯囚徒困境; (2)在完全信息情境下,互联网服务提供商的先发优势使其获得超额收益,流量赞助服务降低内容提供商的收益; (3)在不完全信息情境下,内容提供商也可能从流量赞助服务获益,互联网服务提供商的收益则可能受损。

CP)。用户(简称 user)通过互联网服务提供商的电信服务访问内容提供商提供的在线内容,需要支付给互联网服务提供商一笔固定接入 p_{ci} 费用(比如移动公司的流量月租费),其中“ ci ”表示完全信息。同时,为了获得在线内容的访问权限,用户还需向内容提供商支付一笔固定的订阅费 ν 。互联网服务提供商需要决定用户接入的流量费用 p_{ci} ,而内容提供商需要决定为用户的流量费用提供赞助的比例 β_{ci} 。内容提供商提供流量赞助时,用户实际支付的流量费为 $(1 - \beta_{ci})p_{ci}$ 。内容提供

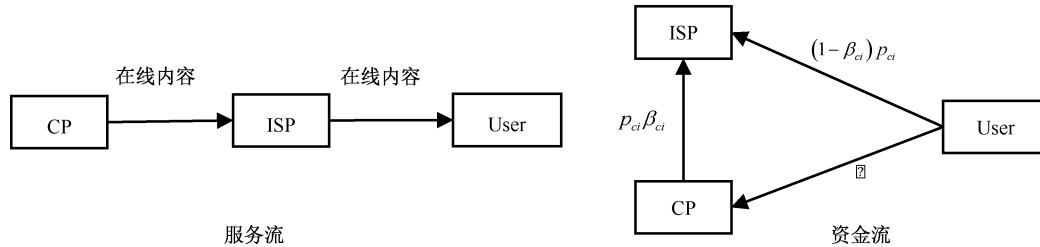


图 1 电信服务供应链的服务流和资金流

Figure 1 The service- and capital-flow of the telecommunication service supply chain

在该供应链中,基于互联网服务提供商和内容提供商的决策先后顺序构建一个两阶段 Stackelberg 博弈模型。在第一阶段,互联网服务提供商首先决定互联网服务的流量费 p_{ci} ^[19]。在第二阶段,内容提供商观察到互联网服务提供商在第一阶段的决策之后,决定对流量费用提供赞助的比例 β_{ci} ($\beta_{ci} \in [0, 1]$)。 $\beta_{ci} = 0$ 意味着不提供流量赞助, $\beta_{ci} = 1$ 则表示内容提供商全额赞助用户消费其内容所消耗的流量,用户只需支付订阅费 ν 。通常情况下,全国/地区的订阅费用是相同的,而数据使用费和补贴决定则存在本地化差异。例如,美国主要的视频流媒体服务商 (Netflix、Hulu、Amazon Video) 每月的收费约为 8 美元/月,而中国主要的视频流媒体服务商每月的收费约为 15 元/月,在各省/州之间没有价格差异。因此,结合 Joe-Wong 等^[6]和 Economides 和 Tåg^[16] 的设定,我们假设订阅费 ν 为外生变量。

根据上述设定,用户需要在在线内容支付的价格为 $(1 - \beta_{ci})p_{ci} + \nu$ 。市场需求定义为在第二阶段支付订阅费的用户数。假设需求是内容价格的线性函数 (Caron 等^[20]),即 $D_{ci} = a + b[(1 - \beta_{ci})p_{ci} + \nu]$ 。其中, a 为在线内容市场容量,系数 b 表示需求的价格弹性。为保证 $p_{ci} = 0$ 是需求为正,假设 $a - b\nu > 0$ 。

相应地,互联网服务提供商的收益函数为

$$\pi_{ci}(ISP) = p_{ci}D_{ci} \quad (1)$$

内容提供商的收益函数可以表示为

$$\pi_{ci}(CP) = (\nu - m - \beta_{ci}p_{ci})D_{ci} \quad (2)$$

根据需求曲线,可以采用几何方法 (Bulow 和 Klemperer^[21]) 计算用户的福利 (消费者剩余) 如下

$$\pi_{ci}(user) = \frac{D_{ci}}{2} \left[\frac{a}{b} - (1 - \beta_{ci})p_{ci} - \nu \right] \quad (3)$$

将上述三个收益 (剩余) 函数加总,即得电信服务供应链的社会福利为

$$\begin{aligned} \pi_{ci}(TSSC) &= p_{ci}D_{ci} + (\nu - m - \beta_{ci}p_{ci})D_{ci} \\ &+ \frac{D_{ci}}{2} \left[\frac{a}{b} - (1 - \beta_{ci})p_{ci} - \nu \right] \end{aligned} \quad (4)$$

商的收入来自向用户收取的订阅费用,成本(内容开发的固定成本对本文模型无影响,不予考虑)则包括两部分:一部分是用户运营相关成本(比如获客成本、留存成本、激活成本等)^[18],用单位成本 m ($0 < m < \nu$) 来表示;另一部分是流量补贴成本,表示为 $p_{ci}\beta_{ci}$ 。对互联网服务提供商来说,提供电信服务的基础设施和开发相关技术通常为固定成本,在为每位用户提供服务的过程中,边际成本很小,通常假设为 0^[19]。图 1 展示了在电信服务供应链的服务流和资金流。

由此,在该博弈中,两个阶段的优化问题分别为

$$\text{第一阶段: } \max_{p_{ci}} \pi_{ci}(ISP), s. t. p_{ci} > 0 \quad (5)$$

$$\text{第二阶段: } \max_{\beta_{ci}} \pi_{ci}(CP), s. t. 0 \leq \beta_{ci} \leq 1 \quad (6)$$

表 3 中列出了本文涉及符号的含义描述,其中所有的决策变量都分别用下标“ ci ”和“ ii ”来表示完全信息和不完全信息。

在本模型中,内容提供商不需要做赞助比例的决策,通过优化求解即可得引理 1。

引理 1 若互联网服务提供商没有开放流量赞助服务,则互联网服务提供商的最优出价为 $p_{ci}^0 = (a - b\nu)/2b$ 。均衡结果:市场需求为 $D_{ci}^0 = a - b(p_{ci}^0 + \nu) = (a - b\nu)/2$,内容提供商的收益为 $\pi_{ci}^0(CP) = (a - b\nu)^2/4b$,互联网服务提供商的收益为 $\pi_{ci}^0(ISP) = (\nu - m)(a - b\nu)/2$,用户获得消费者剩余 $\pi_{ci}^0(user) = (a - b\nu)^2/8b$,整个供应链的社会福利为

$$\begin{aligned} \pi_{ci}^0(TSSC) &= \pi_{ci}^0(ISP) + \pi_{ci}^0(CP) + \pi_{ci}^0(user) \\ &= \frac{(a - b\nu)(3a + b\nu - 4bm)}{8b} \end{aligned}$$

若互联网服务提供商开放流量赞助服务,则内容提供商在第二阶段需要决定赞助比例。根据 Stackelberg 博弈的决策顺序,依次计算出互联网服务提供商和内容提供商的最优决策,从而求得均衡及均衡结果。

引理 2 若互联网服务提供商开放流量赞助服务,则在完全信息的 Stackelberg 博弈模型中,给定 $\nu > m$ 和 $m < a/b$,互联网服务提供商和内容提供商的均衡策略 $\{\beta_{ci}^*, p_{ci}^*\}$ 及相关的结果见表 4。

引理 2 的结论表明,内容提供商收取的订阅费 ν 和单位成本 m 在均衡的策略组合中起着关键作用。内容提供商的赞助比例随着订阅费 ν 增大而增大,但随着单位成本 m 增大而减小。因此,若订阅费 ν 相对于的单位成本 m 处于较低水平(即 $m < \nu \leq [(\sqrt{2} - 1)a + bm]/\sqrt{2}b$),则内容提供商不愿意提供流量赞助。直观地理解,订阅费较低时,每个用户给内容提供商带来的收益较低,内容提供商获得收益难以抵

表3 本文涉及的参数列表
Table 3 The variable parameters involved in this article

参数符号	博弈情境	含义描述
ν	完全信息、不完全信息	CP 内容服务的订阅费
m	完全信息、不完全信息	CP 为单位用户提供服务的边际成本,简称 CP 的单位成本
$f(m)$	不完全信息	CP 单位成本的概率密度函数
a	完全信息、不完全信息	CP 内容的市场容量
b	完全信息、不完全信息	CP 内容市场需求的价格弹性
p_{ci}/p_{ii}	完全信息/不完全信息	ISP 的流量费
p_{ci}^0/p_{ii}^0	完全信息/不完全信息	ISP 不提供流量赞助服务的情况下,博弈均衡时的最优流量费
p_{ci}^*/p_{ii}^*	完全信息/不完全信息	ISP 提供流量赞助服务的情况下,博弈均衡时的最优流量费
$\Delta p_{ci}^*/\Delta p_{ii}^*$	完全信息/不完全信息	$\Delta p_{ci}^* = p_{ci}^* - p_{ci}^0/\Delta p_{ii}^* = p_{ii}^* - p_{ii}^0$
β_{ci}/β_{ii}	完全信息/不完全信息	CP 为用户消费其内容产生的流量费提供赞助的比例
$\beta_{ci}^*/\beta_{ii}^*$	完全信息/不完全信息	ISP 提供流量赞助服务的情况下,博弈均衡时 CP 为用户消费其内容产生的流量费提供赞助的比例
D_{ci}/D_{ii}	完全信息/不完全信息	CP 内容的市场需求(订阅用户数)
D_{ci}^0/D_{ii}^0	完全信息/不完全信息	ISP 不提供流量赞助服务的情况下,博弈均衡时 CP 内容的市场需求
D_{ci}^*/D_{ii}^*	完全信息/不完全信息	ISP 提供流量赞助服务的情况下,博弈均衡时 CP 内容的市场需求
$\Delta D_{ci}^*/\Delta D_{ii}^*$	完全信息/不完全信息	$\Delta D_{ci}^* = D_{ci}^* - D_{ci}^0/\Delta D_{ii}^* = D_{ii}^* - D_{ii}^0$
$\pi_{ci}(y)/\pi_{ii}(y)$	完全信息/不完全信息	供应链的相关方 y 的收益, $y \in \{ISP, CP, user, TSSC\}$
π_{ci}^0/π_{ii}^0	完全信息/不完全信息	ISP 不提供流量赞助服务的情况下,均衡时相关方 y 的收益, $y \in \{ISP, CP, user, TSSC\}$
π_{ci}^*/π_{ii}^*	完全信息/不完全信息	ISP 提供流量赞助服务的情况下,均衡时相关方 y 的收益, $y \in \{ISP, CP, user, TSSC\}$
$\Delta \pi_{ci}^*/\Delta \pi_{ii}^*$	完全信息/不完全信息	$\Delta \pi_{ci}^*(y) = \pi_{ci}^*(y) - \pi_{ci}^0(y)/\Delta \pi_{ii}^*(y) = \pi_{ii}^*(y) - \pi_{ii}^0(y), y \in \{ISP, CP, user, TSSC\}$

表4 互联网服务提供商开放流量赞助服务的 Stackelberg 博弈均衡结果

Table 4 The equilibrium outcomes of Stackelberg game when the data sponsorship service is provided

均衡结果	$m < \nu \leq \frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$	$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b} < \nu \leq \frac{3a+bm}{4b}$	$\nu > \frac{3a+bm}{4b}$
均衡			
β_{ci}^*	0	$\frac{4b\nu - 3bm - a}{2(a - bm)}$	1
p_{ci}^*	$\frac{a - b\nu}{2b}$	$\frac{a - bm}{2b}$	$\frac{2b\nu - a - bm}{b}$
D_{ci}^*	$\frac{a - b\nu}{2}$	$\frac{a - bm}{4}$	$a - b\nu$
$\pi_{ci}^*(ISP)$	$\frac{(a - b\nu)^2}{4b}$	$\frac{(a - bm)^2}{8b}$	$\frac{(a - b\nu)(2b\nu - a - bm)}{b}$
均衡结果			
$\pi_{ci}^*(CP)$	$\frac{(a - b\nu)(\nu - m)}{2}$	$\frac{(a - bm)^2}{16b}$	$\frac{(a - b\nu)^2}{b}$
$\pi_{ci}^*(user)$	$\frac{(a - b\nu)^2}{8b}$	$\frac{(a - bm)^2}{16b}$	$\frac{(a - b\nu)^2}{2b}$
$\pi_{ci}^*(TSSC)$	$\frac{(a - b\nu)(3a + b\nu - 4bm)}{8b}$	$\frac{(a - bm)^2}{4b}$	$\frac{(a - b\nu)(a + b\nu - 2bm)}{2b}$

消因赞助比例提高所产生的额外成本。而在完全信息下,互联网服务提供商会预见到内容提供商没有意愿提供赞助,因此选择了跟未开放流量赞助服务相同的最优定价 p_{ci}^0 。随着订阅费 ν 的增加 ($[(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b < \nu \leq (3a+bm)/4b$),内容提供商开始有意愿和能力对部分流量消耗进行赞助($\beta_{ci}^* = (4b\nu - 3bm - a)/(3a - 3bm)$)。而当订阅费达到相对于成本足够高的水平时,内容提供商选择提供100%的流量赞助。此时,由于完全信息下,互联网服务提供商会预见到内容提供商的决策,其利用先发优势选择网络接入服务定价 $p_{ci}^* = (2b\nu - a - bm)/b$,高于 p_{ci}^0 。

为探究流量赞助服务对在线内容市场的影响,将两个均衡的比较计算。分别记

$$\begin{aligned} \Delta p_{ci}^* &= p_{ci}^* - p_{ci}^0, \Delta D_{ci}^* = D_{ci}^* - D_{ci}^0 \\ \Delta \pi_{ci}^*(ISP) &= \pi_{ci}^*(ISP) - \pi_{ci}^0(ISP), \\ \Delta \pi_{ci}^*(CP) &= \pi_{ci}^*(CP) - \pi_{ci}^0(CP) \end{aligned}$$

$$\Delta \pi_{ci}^*(user) = \pi_{ci}^*(user) - \pi_{ci}^0(user),$$

$$\Delta \pi_{ci}^*(TSSC) = \pi_{ci}^*(TSSC) - \pi_{ci}^0(TSSC)$$

则可以计算得到互联网服务提供商开放流量赞助服务前后均衡结果的变化,如表5所示。

已知 $a > b\nu$,且 $m < \nu$,可以判断根据表5中变化值的正负,见表6。内容提供商的订阅费比较低时($m < \nu \leq [(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b$),内容提供商不提供任何流量赞助,互联网服务提供商的定价策略与没有开放流量赞助服务是相同,因而所有均衡结果与引理1相同。随着订阅费的提高($\nu > [(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b$),内容提供商开始有能力和意愿提供赞助。首先,作为领导者,互联网服务提供商预见到内容提供商会提供一定的赞助来吸引更多的用户,因而通过相对高水平的定价($p_{ci}^* = (a - bm)/2b$)从内容提供商和用户中获得了更多的额外收益。结果是,互联网服务提供商收益因

表 5 互联网服务提供商开放流量赞助服务前后均衡结果的变化解析式

Table 5 The change of equilibrium outcomes after the data sponsorship service is provided

变化值	$m < \nu \leq \frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$	$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b} < \nu \leq \frac{3a+bm}{4b}$	$\nu > \frac{3a+bm}{4b}$
Δp_{ci}^*	0	$\frac{\nu-m}{2}$	$\frac{5b\nu-2bm-3a}{2b}$
ΔD_{ci}^*	0	$\frac{2b\nu-bm-a}{4b}$	$\frac{a-b\nu}{2}$
$\Delta \pi_{ci}^* (ISP)$	0	$\frac{(a-bm)^2-2(a-b\nu)^2}{8b}$	$\frac{(9b\nu-5a-4bm)(a-b\nu)}{4b}$
$\Delta \pi_{ci}^* (CP)$	0	$\frac{(a-bm)^2-8(b\nu-bm)(a-b\nu)}{16b}$	$\frac{(a-b\nu)(2a-3b\nu+bm)}{2b}$
$\Delta \pi_{ci}^* (user)$	0	$\frac{(a-bm)^2-4(a-b\nu)^2}{32b}$	$\frac{3(a-b\nu)^2}{8b}$
$\Delta \pi_{ci}^* (TSSC)$	0	$\frac{7(a-bm)^2-4(a-b\nu)(3a+b\nu-4bm)}{32b}$	$\frac{(a-b\nu)(a+3b\nu-4bm)}{8b}$

表 6 开放流量赞助服务前后均衡结果的变化方向

Table 6 The direction of change in equilibrium outcomes after the data sponsorship service is provided

变化值	$m < \nu \leq \frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$	$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b} < \nu \leq \frac{3a+bm}{4b}$	$\nu > \frac{3a+bm}{4b}$
Δp_{ci}^*	0	正	正
		正:若 $\nu > \frac{a+bm}{2b}$	
ΔD_{ci}^*	0	0;若 $\nu = \frac{a+bm}{2b}$ 负:若 $\nu < \frac{a+bm}{2b}$	正
$\Delta \pi_{ci}^* (ISP)$	0	正	正
$\Delta \pi_{ci}^* (CP)$	0	负	负
		正:若 $\nu > \frac{a+bm}{2b}$	
$\Delta \pi_{ci}^* (user)$	0	0;若 $\nu = \frac{a+bm}{2b}$ 负:若 $\nu < \frac{a+bm}{2b}$	正
		正:若 $\nu > \frac{a+bm}{2b}$	
$\Delta \pi_{ci}^* (TSSC)$	0	0;若 $\nu = \frac{a+bm}{2b}$ 负:若 $\nu < \frac{a+bm}{2b}$	正

开放流量赞助服务而增加。其次,内容提供商则因流量赞助服务而面临收益损失。这是需求增加和赞助增加之间交互的结果。当订阅费满足 $[(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b < \nu \leq (a+bm)/2b$,在线内容的需求反而下降。市场需求(订阅人数)下降和流量赞助带来的额外成本共同导致了内容提供商收益的下降。若 $\nu > (a+bm)/2b$,内容提供商提供的流量赞助比例 β_{ci}^* 进一步提高,抵消了用户因互联网服务提供商入网价格(流量费)提高 Δp_{ci}^* 带来的效用损失,因而市场需求增加。然而,市场需求带来的收益增加仍不足以抵消流量赞助支出的成本。最终结果是,尽管选择了最优的赞助比例,在完全信息的博弈下,流量赞助服务反而降低内容提供商的收益。可见,在完全信息情境下,互联网服务提供商可以充分利用其先发优势从内容提供商和用户中获取更多的额外收益。为此,本文在第3章进一步探究了不完全信息下流量赞

助服务对电信服务供应链的影响。

根据表6的结果,我们还可以发现流量赞助服务对消费者剩余和供应链社会福利的影响机制更加复杂。当 $[(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b < \nu \leq (a+bm)/2b$,订阅费水平相对较低,内容提供商提供流量赞助的比例较低,较高的订阅支出导致市场需求下降。此时,用户的消费者剩余也相应降低。随着订阅费升高,内容提供商的赞助比例也水涨船高,其结果是 $\nu > (a+bm)/2b$ 时流量赞助服务提高了用户的消费者剩余。类似地, $[(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b < \nu \leq (a+bm)/2b$ 时,社会福利相对于未开放流量赞助服务的情形出现下降; $\nu > (a+bm)/2b$ 时,则社会福利增加。传统的理论研究认为流量赞助服务始终有利于内容提供商、用户和电信服务市场的整体福利(Andrews等^[8])。然而,本节的研究结果表明,若

允许互联网服务提供商自由调节流量费,则由于互联网接入服务的垄断性,互联网服务提供商会收取较高的流量费,从而导致流量赞助服务在特定条件下反而产生负面影响。该结果还意味着,若 $\nu < (a + bm)/2b$, 市场这只“看不见的手”容易导致不公平的收益分配结果,需要市场监管部门介入并采取规制措施。

综合以上分析,可以得到命题 1。

命题 1 电信服务供应链的完全信息 Stackelberg 博弈中,流量赞助服务对供应链的影响为:

- (1) 若 $\nu < [(\sqrt{2} - 1)a + bm]/\sqrt{2}b$, 则无影响;
- (2) 若 $\nu > [(\sqrt{2} - 1)a + bm]/\sqrt{2}b$, 则提高(降低)互联网服务提供商(内容提供商)的收益;
- (3) 若 $\nu > (a + bm)/2b$, 则增加用户的消费者剩余;若 $\nu = (a + bm)/2b$, 则对消费者剩余无影响;否则减少用户的消费者剩余;
- (4) 若 $\nu > (a + bm)/2b$, 则提高供应链社会福利;若 $\nu = (a + bm)/2b$, 则对社会福利无影响;否则降低社会福利。

3 不完全信息的 Stackelberg 博弈

上节研究了完全信息的情形,本节考虑不完全信息的 Stackelberg 博弈模型。信息在博弈论中起着至关重要的作用。拥有不同信息分区的参与人会选择完全不同的策略。因此,在本节中,将完全信息的假设松弛为不完全信息,即内容提供商的单位成本是内容提供商的私有信息。在模型相关的参数中,需求取决于产品的价格,流量费则由互联网服务提供商决定。由于内容提供商必须向用户公开发布其内容价格,互联网服务提供商可以容易地获取内容提供商的收益信息。因此,需求、流量费和收入应被视为公共信息。而内容提供商的成本信息通常视为内部商业机密。例如,作为中国流行的流媒体视频提供商,爱奇艺以独立实体的形式开

展业务。它不会与中国移动(互联网服务提供商)共享其成本信息。另外,成本分布的多样性可能会阻碍互联网服务提供商设计合同来揭示内容提供商的成本。因此,本节考虑有私有成本信息符合现实场景,互联网服务提供商必须基于对内容提供商成本的估计计算预期收益,从而做出定价决策。

本节假设内容提供商的单位成本 m 服从均匀分布 $U(0, \nu)$ ^[22], 概率密度函数为 $f(m) = 1/\nu$ 。互联网服务提供商不知道边际成本 m 的准确数值,但知道 $m \sim U(0, \nu)$ 。基于边际成本的分布信息,互联网服务提供商最大化其期望收益。博弈的决策顺序与上节相同。相关参数如表 3 所示,决策变量和结果变量的符号中,用下标“ i ”表示不完全信息。

在不完全信息的 Stackelberg 博弈模型中,内容提供商的收益最大化问题与公式(5)类似,即

$$\max_{\beta_{ii}} \pi_{ii}(CP), \text{ s. t. } 0 \leq \beta_{ii} \leq 1 \quad (7)$$

因而,博弈第二阶段的最优赞助比例仍为 $\beta_{ii}^* = (b p_{ii}^* + 2b\nu - a - bm)/2bp_{ii}^*$ 。特别地,若 $m < 2\nu - p_{ii}^* - a/b$, 则 $\beta_{ii}^* = 1$; 若 $m > 2\nu - p_{ii}^* - a/b$, 则 $\beta_{ii}^* = 0$ 。由此可以得到引理 3。其中, $0 < \nu \leq a/3b$ 在的情形下,内容提供商提供的流量赞助比例为 0,这就意味着均衡结果与互联网服务提供商未开放流量赞助服务时相同。而 $\nu > a/3b$ 时,由于互联网服务提供商的定价决策是基于期望收益(内容提供商成本的积分函数),互联网服务提供商在博弈均衡中实现的收益与期望收益并不相同,即 $\pi_{ii}(ISP) \neq E(\pi_{ii}(ISP))$ 。这也为后文中,在特定条件下开放流量赞助服务,互联网服务提供商的收益反而降低提供了解释。

引理 3 若互联网服务提供商开放流量赞助服务,则在不完全信息的 Stackelberg 博弈模型中,给定内容提供商的边际成本服从均匀分布 $U(0, \nu)$, 互联网服务提供商和内容提供商的均衡策略 $\{\beta_{ii}^*, p_{ii}^*\}$ 及相关的结果见表 7。

表 7 不完全信息的 Stackelberg 博弈均衡

Table 7 The equilibrium and outcomes of the Stackelberg game under incomplete information

均衡参数	$0 < \nu \leq \frac{a}{3b}$	$\frac{a}{3b} < \nu \leq \frac{2a}{3b}$	$\frac{2a}{3b} < \nu < \frac{a}{b}$
	$0 < m < \nu$	$\frac{6b\nu - 2a}{3b} < m < \nu$	$0 < m \leq \frac{6b\nu - 2a}{3b}$
均衡策略 β_{ii}^*	0	0	$\frac{6b\nu - 3bm - 2a}{2a}$
p_{ii}^*	$\frac{a - b\nu}{2b}$	$\frac{a}{3b}$	$\frac{a}{3b}$
D_{ii}^*	$\frac{a - b\nu}{2}$	$\frac{2a - 3b\nu}{2}$	$\frac{2a - 3bm}{6}$
$E(\pi_{ii}^*(ISP))$	$\frac{(a - b\nu)^2}{4b}$	$\frac{a^3}{27b^2\nu}$	$\frac{a^3}{27b^2\nu}$
均衡结果 $\pi_{ii}^*(ISP)$	$\frac{(a - b\nu)^2}{4b}$	$\frac{a(2a - 3b\nu)}{9b}$	$\frac{a(2a - 3bm)}{18b}$
$\pi_{ii}^*(CP)$	$\frac{(a - b\nu)(\nu - m)}{2}$	$\frac{(2a - 3b\nu)(\nu - m)}{3}$	$\frac{(2a - 3bm)^2}{36b}$
$\pi_{ii}^*(user)$	$\frac{(a - b\nu)^2}{8b}$	$\frac{(2a - 3b\nu)^2}{18b}$	$\frac{(2a - 3bm)^2}{72b}$
$\pi_{ii}^*(TSSC)$	$\frac{(a - b\nu)(3a + b\nu - 4bm)}{8b}$	$\frac{(2a - 3b\nu)(4a + 3b\nu - 6bm)}{18b}$	$\frac{(2a - 3bm)(10a - 9bm)}{18b}$

通过对比表 7 和引理 1 的结论,分析得到不完全信息场
景下,流量赞助服务对博弈均衡以及电信服务供应链的
影响。如表 8 和表 9 所示,若订阅费满足 $0 < \nu \leq a/3b$,流量
赞助服务对该供应链不产生影响;若订阅费 $\nu > a/3b$,流量
赞助服务的影响取决于订阅费和内容提供商单位成本的

大小:(1) 满足条件 $a/3b < \nu \leq 2a/3b$ 且 $(6b\nu - 2a)/3b < m < \nu$
或者 $2a/3b < \nu < a/b$ 且 $(2b\nu - a)/b < m < \nu$ 时, $\Delta\pi_{ii}^*(ISP) <$
 0 。这就意味着,内容提供商的边际成本处于较高的水平时,流
量赞助服务反而损害互联网服务提供商的收益。(2) 满足条件
 $2a/3b < \nu < a/b$ 且 $m \leq (3b\nu - 2a)/b$ 时, $\Delta\pi_{ii}^*(CP) > 0$ 。这

表 8 不完全信息情境下,流量赞助服务对电信服务供应链的影响解析式
Table 8 The impact of data sponsorship service under incomplete information

ν	$0 < \nu \leq \frac{a}{3b}$	$\frac{a}{3b} < \nu \leq \frac{2a}{3b}$	$\frac{2a}{3b} < \nu < \frac{a}{b}$
m	$0 < m < \nu$	$\frac{6b\nu - 2a}{3b} < m < \nu$	$0 < m \leq \frac{6b\nu - 2a}{3b}$
Δp_{ii}^*	0	$\frac{3b\nu - a}{6b}$	$\frac{3b\nu - a}{6b}$
ΔD_{ii}^*	0	$\frac{a - 3b\nu}{6}$	$\frac{3b\nu - 3bm - a}{6}$
$\Delta\pi_{ii}^*(ISP)$	0	$-\frac{(a - 3b\nu)^2}{36b}$	$\frac{2a(2a - 3bm) - 9(a - b\nu)^2}{36b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(CP)$	0	$\frac{(\nu - m)(a - 3b\nu)}{6}$	$\frac{(2a - 3bm)^2 - 9(a - b\nu)^2}{72b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(user)$	0	$\frac{(7a - 9b\nu)(a - 3b\nu)}{72b}$	$\frac{(2a - 3bm)^2 - 18b(\nu - m)(a - b\nu)}{36b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(TSSC)$	0	$\frac{(a - 3b\nu)(5a + 9b\nu - 12bm)}{72b}$	$-\frac{(a - 3b\nu)(10a - 9bm)}{72b}$

表 9 不完全信息情境下,流量赞助服务对电信服务供应链的影响方向
Table 9 The direction of the impact imposed by data sponsorship service under incomplete information

变化值	$0 < \nu \leq \frac{a}{3b}$	$\frac{a}{3b} < \nu \leq \frac{2a}{3b}$	$\frac{2a}{3b} < \nu < \frac{a}{b}$
	$0 < m < \nu$	$\frac{6b\nu - 2a}{3b} < m < \nu$	$0 < m \leq \frac{6b\nu - 2a}{3b}$
Δp_{ii}^*	0	正	正
ΔD_{ii}^*	0	负	正:若 $m < \frac{3b\nu - a}{3b}$ 0:若 $m = \frac{3b\nu - a}{3b}$ 负:若 $m > \frac{3b\nu - a}{3b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(ISP)$	0	负	正:若 $m < \frac{2b\nu - a}{b}$ 0:若 $m = \frac{2b\nu - a}{b}$ 负:若 $m > \frac{2b\nu - a}{b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(CP)$	0	负	正:若 $m < \frac{2b\nu - a}{b}$ 0:若 $m = \frac{2b\nu - a}{b}$ 负:若 $m > \frac{2b\nu - a}{b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(user)$	0	负	正:若 $m < \frac{3b\nu - a}{3b}$ 0:若 $m = \frac{3b\nu - a}{3b}$ 负:若 $m > \frac{3b\nu - a}{3b}$
$\Delta\pi_{ii}^*(TSSC)$	0	负	正:若 $m < \frac{2b\nu - a}{b}$ 0:若 $m = \frac{2b\nu - a}{b}$ 负:若 $m > \frac{2b\nu - a}{b}$

表明,若内容提供商收取较高的订阅费,而单位成本较低时,互联网服务提供商因不知道具体的成本值而采取相对保守的流量费用定价策略,内容提供商提供流量赞助可以获得额外收益。(3) 满足条件 $a/3b < \nu \leq 2a/3b$ 或者 $2a/3b < \nu < a/b \& m > (3b\nu - 2a)/b$ 时, $\Delta\pi_{ii}^*(CP) < 0$ 。因此,在特定条件下,流量赞助服务可能反而对用户福利产生不利影响。(4) 流量赞助服务对社会福利的影响较为复杂,取决于具体的参数值。总的来说,内容提供商成本处于较高水平时,流量赞助服务更容易降低供应链的社会福利。

此外,在不完全信息情境下,存在两种特殊的均衡结果:

(1) 序贯囚徒困境。满足条件 $a/3b < \nu \leq 2a/3b \& m > (6b\nu - 2a)/3b$ 或者 $2a/3b < \nu < a/b \& m > (3b\nu - a)/3b$ 时,尽管可以观察到互联网服务提供商的定价决策,内容提供商选择最优的赞助比例依然导致互联网服务提供商和内容提供商获得收益的减少。这是由于在较高的单位成本下,内容提供商提供的流量赞助水平较低,而互联网服务提供商的定价高于未开放流量赞助服务之前的定价,市场需求反而因此减少。这种在序贯博弈中,领导者和追随者的最优决策反而导致两位博弈参与人的收益下降的现象,就成为序贯囚徒困境^[23-24]。

(2) 帕累托改进。满足条件 $\nu > 2a/3b \& m \leq (3b\nu - 2a)/b$ 时,不仅博弈参与方(互联网服务提供商和内容提供商)收益,而且用户和社会福利都因为流量赞助服务而出现提升。也就是说,当内容提供商的订阅费较高且单位成本较低时,流量赞助服务在没有使其他人境况变坏的前提下,使得至少一方变得更好。

综合以上分析,可以得到命题2。

命题2 电信服务供应链的不完全信息 Stackelberg 博弈中,流量赞助服务对供应链的影响为

- (1) 满足 $0 < \nu \leq a/3b$ 时,无影响;
- (2) 满足 $a/3b < \nu \leq 2a/3b \& m \leq (6b\nu - 2a)/3b$ 或者 $2a/3b < \nu < a/b \& m \leq (2b\nu - a)/b$ 时,提高互联网服务提供商的收益;
- (3) 满足 $2a/3b < \nu < a/b \& m \leq (3b\nu - 2a)/b$ 时,提高内容提供商的收益;
- (4) 满足 $2a/3b < \nu < a/b \& m \leq (3b\nu - 2a)/b$ 时,提高所有决策相关方收益(效用),实现帕累托改进;
- (5) 满足 $a/3b < \nu \leq 2a/3b \& m > (6b\nu - 2a)/3b$ 或者 $2a/3b < \nu < a/b \& m > (2b\nu - a)/b$ 时,所有相关方收益(效用)都变差,陷入序贯囚徒困境。

图2直观地展示了流量赞助服务如何影响互联网服务提供商和内容提供商的收益。图中, $i \in \{W, E, B\}$ 和 $j \in \{W, E, B\}$ 分别表示开放流量赞助服务以后,互联网服务提供商和内容提供商收益的变化;“W”表示收益变差,“E”表示收益不变,“B”表示收益变好。如果内容提供商的成本信息为私有信息,则具有先发优势的互联网服务提供商也不能完全借助流量赞助服务从内容提供商获得额外收益。在内容提供商的订阅费相对于单位成本较低时,互联网服务提供商的收益反而变差。对内容提供商来说, $\nu > 2a/3b$ 时,在低水平的单位成本下,流量赞助服务对其收益有利。随着订阅

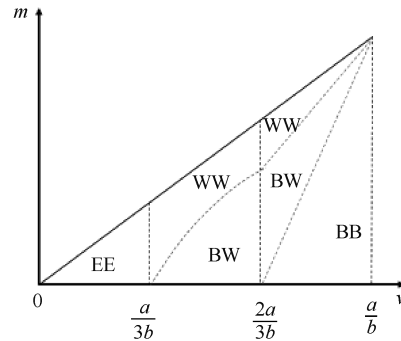


图2 不完全信息下,流量赞助服务对互联网服务提供商和内容提供商收益的影响

Figure 2 The impact of data sponsorship service on the revenue of Internet service provider and content provider

费 ν 提高,内容提供商更有可能从流量赞助服务中受益。

4 讨论

4.1 流量赞助的影响机制

表10比较了在完全信息和不完全信息下,流量赞助服务对电信服务供应链的影响机制。下面分别从内容需求、消费者剩余、内容提供商收益、互联网服务提供商收益以及整体社会福利这五个维度进一步讨论:

(1) 流量赞助对内容需求的影响。

在完全信息情境下,流量赞助的影响取决于内容提供商收取的订阅费——若订阅费较高 ($\nu > (a + bm)/2b$),则流量赞助提高内容市场的需求;若订阅费处于较低水平 ($\nu < (a + bm)/2b$),则提供流量赞助反而导致内容市场需求出现下降。而在不完全信息下,流量赞助对内容需求的影响取决于内容提供商的用户运营单位成本——若成本比较低,则流量赞助提高内容市场的需求;反之则降低需求。

(2) 流量赞助对互联网服务提供商和内容提供商收益的影响。

在完全信息情境下,互联网服务提供商始终因流量赞助服务而受益。这是由于互联网服务提供商具有先发优势,通过定价机制获取的额外收益,既包括内容提供商提供流量赞助所带来的收益增加量,还包括从内容提供商攫取的部分收益。从而,流量赞助反而降低了内容提供商的收益。在不完全信息情境下,流量赞助对博弈双方收益的影响机制主要与内容服务商的用户运营单位成本有关。若成本处于较低水平 ($\nu \leq 2a/3b \& m < (6b\nu - 2a)/3b$ 或者 $\nu > 2a/3b \& m < (3b\nu - a)/2b$),则流量赞助提高互联网服务提供商的收益;反之则减少互联网服务提供商的收益。在此情境下,当订阅费较高 ($\nu > 2a/3b$) 且用户运营单位成本较低 ($m < (3b\nu - a)/2b$) 时,流量赞助提高内容服务商的收益。

(3) 流量赞助对消费者剩余的影响。

对内容消费者来说,在两种情形下,其消费者剩余都有可能因流量赞助而减少。具体地说,在完全信息情境下,当订阅费较高 ($\nu > (a + bm)/2b$) 时,流量赞助会提高消费者剩余;否则降低消费者剩余。在不完全信息情境下,若成本处于较低水平 ($\nu \leq 2a/3b \& m < (6b\nu - 2a)/3b$ 或者 $\nu > 2a/3b \& m < (3b\nu - a)/2b$),则流量赞助提高消费者剩余;

表 10 不同信息模式下流量赞助服务对电信服务供应链的影响机制比较

Table 10 The comparison of effect mechanism imposed by data sponsorship service under different information context

变化值	完全信息	不完全信息
ΔD^*	正:若 $\nu > \frac{a+bm}{2b}$ 0:若 $\nu = \frac{a+bm}{2b}$ 负:若 $\nu < \frac{a+bm}{2b}$	正:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m < \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m < \frac{2bv-a}{b}$ 0:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m = \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m = \frac{2bv-a}{b}$ 负:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m > \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m > \frac{2bv-a}{b}$
$\Delta \pi^*(ISP)$	正	正:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m < \frac{6bv-2a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m < \frac{3bv-a}{2b}$ 0:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m = \frac{6bv-2a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m = \frac{3bv-a}{2b}$ 负:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m > \frac{6bv-2a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m > \frac{3bv-a}{2b}$
$\Delta \pi^*(CP)$	负	正:若 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m < \frac{3bv-a}{2b}$ 0:若 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m = \frac{3bv-a}{2b}$ 负:其他情形
$\Delta \pi^*(user)$	正:若 $\nu > \frac{a+bm}{2b}$ 0:若 $\nu = \frac{a+bm}{2b}$ 负:若 $\nu < \frac{a+bm}{2b}$	正:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m < \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m < \frac{2bv-a}{b}$ 0:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m = \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m = \frac{2bv-a}{b}$ 负:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m > \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m > \frac{2bv-a}{b}$
$\Delta \pi^*(TSSC)$	正:若 $\nu > \frac{a+bm}{2b}$ 0:若 $\nu = \frac{a+bm}{2b}$ 负:若 $\nu < \frac{a+bm}{2b}$	正:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m < \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m < \frac{2bv-a}{b}$ 0:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m = \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m = \frac{2bv-a}{b}$ 负:若 $\nu \leq \frac{2a}{3b} \& m > \frac{3bv-a}{3b}$ 或者 $\nu > \frac{2a}{3b} \& m > \frac{2bv-a}{b}$

反之则有损于消费者剩余。这种差异出现的原因在于,在不完全信息情境下,在内容提供商用户运营成本较低时,互联网服务提供商基于期望收益进行流量费的定价决策更偏保守,因此内容服务商和消费者均能从流量赞助中获益。

(4) 流量赞助对整体社会福利的影响。

在两种情形下,电信服务供应链整体社会福利受流量赞助的影响机制与消费者剩余相同。在完全信息情境下,当订阅费较高($\nu > (a+bm)/2b$)时,流量赞助会提高整体社会福利;否则降低整体社会福利。在不完全信息情境下,若成本处于较低水平($\nu \leq 2a/3b \& m < (6bv-2a)/3b$ 或者 $\nu > 2a/3b \& m < (3bv-2a)/2b$),则流量赞助提高整体社会福利;反之则对整体社会福利产生不利影响。

根据表 10 的比较结果,我们还发现,在不完全信息情境下,满足特定条件时,内容提供商用户运营成本的不确定性削弱了互联网服务提供商的先发优势。当满足条件 $\nu > 2a/3b \& m < (3bv-2a)/2b$ 时,流量赞助使得所有供应链参与方的收益(效用)乃至社会福利都有所提升。也就是说,私有成本信息的存在,可以通过抑制互联网服务提供商的先发优势,实现多方共赢,即电信服务供应链的帕累托改进。

在不完全信息下,也有可能存在对多方都不利的情况。当 $a/3b < \nu \leq 2a/3b \& m < (6bv-2a)/3b$ 或者 $2a/3b < \nu \leq a/b \& m > (3bv-a)/2b$ 时,所有相关方收益(效用)都变差,

博弈陷入序贯囚徒困境。因此,在本文情境下,流量赞助服务是一把“双刃剑”。这就需要政府监管部门根据不同的市场状态选择对应的市场规制策略。

4.2 数值实验

为更形象地对比完全信息和不完全信息下,均衡及均衡结果存在的差异,本文给定其他参数值,通过数值实验的方法分析和验证在不同内容提供商订阅费和用户运营成本水平下,互联网服务提供商和内容提供商之间序贯博弈的结果。设定实验条件为: $a = 50, b = 5, c = 3$ 。数值模拟结果进一步验证了以上推导分析。

(1) 不同的订阅费水平。

订阅费分别取为 $\nu = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ (前文假设 $a - bv > 0$, 即 $\nu < 10$), 设定完全信息下用户运营成本 $m = 0.3\nu$ 、不完全信息下用户运营成本服从均匀分布, 即 $m \sim U[0, \nu]$ 。实验结果如表 11 所示。

在完全信息情境下,当订阅费处于较低水平时,流量赞助对均衡结果没有影响;随着订阅费提高到 4,流量赞助开始对均衡结果产生影响。当订阅费 $\nu \geq 4$ 时,订阅费越高,流量赞助引起的流量费涨幅越大,对内容需求的影响由负面变为正面;处于同一个订阅费 ν 值的区间时,流量赞助对互联网服务提供商收益、消费者剩余和社会福利的提升作用加强,对内容提供商收益的减少作用减弱。此外,订阅费越高,

表 11 不同订阅费水平下数值实验结果
Table 11 The results of numerical experiments under different levels of subscription fee

ν	1	2	3	4	5	6	7	8	9
m	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7
完全信息									
$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$	3.14	3.35	3.57	3.78	3.99	4.20	4.41	4.63	4.84
$\frac{3a+bm}{4b}$	7.58	7.65	7.73	7.80	7.88	7.95	8.03	8.10	8.18
ν 值的区间	$\nu \leq \frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$			$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b} < \nu \leq \frac{3a+bm}{4b}$			$\nu > \frac{3a+bm}{4b}$		
Δp_{ci}^*	0.00	0.00	0.00	1.40	1.75	2.10	2.45	2.80	4.80
ΔD_{ci}^*	0.00	0.00	0.00	-0.80	-0.38	0.05	0.48	0.90	2.50
$\Delta \pi_{ci}^* (ISP)$	0.00	0.00	0.00	3.40	13.91	22.03	27.76	31.10	25.25
$\Delta \pi_{ci}^* (CP)$	0.00	0.00	0.00	-17.80	-21.17	-20.99	-17.25	-9.95	-10.75
$\Delta \pi_{ci}^* (user)$	0.00	0.00	0.00	-10.40	-4.34	0.51	4.13	6.53	1.88
$\Delta \pi_{ci}^* (TSSC)$	0.00	0.00	0.00	-24.80	-11.60	1.54	14.64	27.68	16.38
不完全信息									
$\frac{a}{3b}$	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
$\frac{2a}{3b}$	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67
$\frac{6b\nu-2a}{3b}$	-4.67	-2.67	-0.67	1.33	3.33	5.33	7.33	9.33	11.33
$\frac{3b\nu-2a}{b}$	-17	-14	-11	-8	-5	-2	1	4	7
$\frac{3b\nu-2a}{b}$	-17	-14	-11	-8	-5	-2	1	4	7
ν 值的区间	$0 < \nu \leq \frac{a}{3b}$			$\frac{a}{3b} < \nu \leq \frac{2a}{3b}$			$\frac{2a}{3b} < \nu < \frac{a}{b}$		
m 值的区间	$m > \frac{6b\nu-2a}{3b}$			$\frac{3b\nu-2a}{b} < m \leq \frac{6b\nu-2a}{3b}$					
Δp_{ii}^*	0.00	0.00	0.00	0.33	0.83	1.33	1.50	1.00	0.50
ΔD_{ii}^*	0.00	0.00	0.00	-1.67	-4.17	5.17	4.75	9.00	13.25
$\Delta \pi_{ii}^* (ISP)$	0.00	0.00	0.00	-0.56	-3.47	20.56	25.50	23.00	14.50
$\Delta \pi_{ii}^* (CP)$	0.00	0.00	0.00	-4.67	-14.58	4.80	-6.74	11.20	33.86
$\Delta \pi_{ii}^* (user)$	0.00	0.00	0.00	-4.72	-8.68	-12.39	9.38	17.10	24.18
$\Delta \pi_{ii}^* (TSSC)$	0.00	0.00	0.00	-9.94	-26.74	12.96	28.14	51.30	72.54

流量赞助对市场参与方的影响未必呈单调变化。例如, $\nu = 9$ 时, 互联网服务提供商的均衡收益为 25.25, 低于 $\nu = 8$ 时的 31.10。

类似地, 在不完全信息情境下, 当订阅费处于较低水平时 ($\nu \leq 3$), 流量赞助对均衡结果没有影响。随着订阅费提高, 流量赞助引起的流量费涨幅先升后降 ($\nu = 7$ 时最高, 为 1.5); 流量赞助对内容需求、互联网服务提供商和内容提供商的收益、消费者剩余和社会福利的影响由负向转为正向。与完全信息下不同的是, 订阅费较高时, 内容提供商从流量赞助中获利。

(2) 不同的成本水平。

订阅费设为 $\nu = 9.8$, 设定完全信息下用户运营成本分别为 $m = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$, 不完全信息下用户运营成本服从均匀分布, 即 $m \sim U[0, 9.8]$ 。实验结果如表 12 所示。其中, 用户运营单位成本达到 3 以上时, 内容提供商的选择提供流量赞助。

在完全信息情形下, 若内容提供商选择提供流量赞助, 则随着用户运营单位成本的升高, 流量赞助引起的流量费涨幅 (Δp_{ci}^*) 呈单调下降 (从 2.90 到 0.50), 内容需求的变化则呈非单调趋势 (先由 1.40 降到 0.4, 再升至 0.5)。流量赞助对互联网服务提供商、内容提供商、消费者剩余和整体社会福利的正向影响则随着成本上升单调递减。这就意味着, 在用户运营成本较高的市场, 流量赞助的作用会被削弱。在不完全信息情形下, 若内容提供商选择提供流量赞助, 则随着用户运营单位成本的升高, 流量赞助对消费者剩余和整体社会福利的正向作用单调递减。与前面的理论分析一致, 用户运营成本的提高会削弱流量赞助的正向影响。

4.3 管理启示

结合上述理论分析和数值算例, 我们可以提炼出管理启示如下:

(1) 内容提供商成本信息的披露问题。当内容提供商的成本信息是公共信息时, 由于互联网服务提供商存在“先发

表 12 不同成本水平下数值实验结果
Table 12 The results of numerical experiments under different levels of marginal cost

ν	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
完全信息									
$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$	3.64	4.34	5.05	5.76	6.46	7.17	7.88	8.59	9.29
$\frac{3a+bm}{4b}$	7.75	8.00	8.25	8.50	8.75	9.00	9.25	9.50	9.75
ν 值的区间	$\nu \leq \frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b}$				$\frac{(\sqrt{2}-1)a+bm}{\sqrt{2}b} < \nu \leq \frac{3a+bm}{4b}$				$\nu > \frac{3a+bm}{4b}$
Δp_{ci}^*	0.00	0.00	0.00	2.90	2.40	1.90	1.40	0.90	0.50
ΔD_{ci}^*	0.00	0.00	0.00	1.40	1.15	0.90	0.65	0.40	0.50
$\Delta \pi_{ci}^* (ISP)$	0.00	0.00	0.00	22.45	15.58	9.95	5.58	2.45	0.55
$\Delta \pi_{ci}^* (CP)$	0.00	0.00	0.00	8.35	5.41	3.10	1.41	0.35	-0.20
$\Delta \pi_{ci}^* (user)$	0.00	0.00	0.00	5.60	3.88	2.48	1.38	0.60	0.08
$\Delta \pi_{ci}^* (TSSC)$	0.00	0.00	0.00	36.40	24.87	15.53	8.37	3.40	0.43
不完全信息									
$\frac{a}{3b}$	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
$\frac{2a}{3b}$	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67
$\frac{6b\nu-2a}{3b}$	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93	12.93
$\frac{3b\nu-2a}{b}$	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40	9.40
ν 值的区间	$\frac{2a}{3b} < \nu < \frac{a}{b}$								
m 值的区间	$m \leq \frac{3b\nu-2a}{b}$								
Δp_{ii}^*	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
ΔD_{ii}^*	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
$\Delta \pi_{ii}^* (ISP)$	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
$\Delta \pi_{ii}^* (CP)$	0.00	0.00	0.00	2.70	2.20	1.70	1.20	0.70	0.20
$\Delta \pi_{ii}^* (user)$	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
$\Delta \pi_{ii}^* (TSSC)$	0.00	0.00	0.00	2.93	2.43	1.93	1.43	0.93	0.43

优势”,流量赞助反而可能降低其收益、消费者福利和社会整体福利;当成本信息为私有信息时,流量赞助在特定的条件下会提高内容提供商的收益、消费者福利和社会整体福利。因此,内容提供商应尽可能避免披露自身的成本信息。当然,在保持成本信息私有的同时,在不同的市场条件(市场相关参数值)下,流量赞助可能导致两种极端情形,即帕累托改进或序贯博弈,因此,政府监管者和市场参与主体都需要注意避免陷入序贯囚徒困境下流量赞助反而导致“多输”结果(即所有参与方的收益/剩余和整体社会福利都下降)。

(2)流量赞助的影响机制。互联网服务提供商放开流量赞助服务,未必能让流量赞助服务未必对电信服务供应链产生影响。具体地说:

①当内容订阅费处于较低水平时,内容提供商没有足够的利润,选择不提供流量赞助。从而,流量赞助服务对供应链不产生任何影响。

②订阅费处于较高水平时,内容提供商开始提高流量赞助的比例。

③在完全信息情境下,若内容提供商提供流量赞助($\beta_{ci}^* > 0$),互联网服务提供商存在先发优势,通过定价策略可以从内容提供商和消费者获取额外的收益。其结果是,尽管这是内容提供商的最优决策,流量赞助反而减少内容提供商的收益。并且,在订阅费较低时,流量赞助服务造成市场参与者的收益(剩余)受损乃至整个社会福利受损。

④在不完全信息情境下,若内容提供商提供流量赞助($\beta_{ci}^* > 0$),成本作为内容提供商的私有信息,在一定程度上削弱了互联网服务提供商的先发优势。在订阅费较高、且用户运营成本较低时,流量赞助服务提高内容提供商的均衡收益。此时,在特定条件下,流量赞助服务对电信服务供应链的影响存在两种极端情形:一是序贯囚徒困境,即流量赞助服务对所有市场参与方乃至社会福利都产生负面影响;二是帕累托改进,即流量赞助服务对所有市场参与方乃至社会福利都有利。

⑤因此,流量赞助对电信服务供应链的影响机制较为复杂。在线内容市场的健康和可持续发展,需要市场监管力量的介入,即政府规制。

4.4 政府规制的启示

上述研究,也为政府的决策制定者对电信服务供应链进行市场规制提供了政策依据和策略启示。

(1) 流量赞助服务可能对电信服务供应链产生不利影响。

与以往的研究^[6]不同的是,本文研究结果表明,流量数据赞助不一定始终提高供应链参与者的福利。例如,在完全信息的情境下,当 $[(\sqrt{2}-1)a+bm]/\sqrt{2}b < v \leq (a+bm)/2b$ 时,开放流量赞助服务总是降低内容提供商收益和用户效用。对于互联网服务提供商而言,信息不完全(即内容提供商与互联网服务提供商之间的成本信息不对称)可能会削弱甚至逆转流量赞助对其收益的正向影响。

(2) 对政府来说,“一刀切”式地对流量赞助服务实施禁令,可能不是一个最佳选择。

流量赞助服务对电信服务供应链社会福利的影响取决于其市场状态。在特定市场状态下,流量赞助甚至会导致帕累托改进或顺序囚徒困境。因此,电信服务供应链的规范需考虑市场的不同情况。例如,若市场中内容提供商向用户收取足够高的订阅费,且运营边际成本较低($2a/3b < v < a/b+m \leq (3bv-2a)/b$),则提供流量赞助服务实现了帕累托改进。此时,政府应该支持和鼓励互联网服务提供商开放流量赞助服务。若预期市场中内容提供商单位成本将较为长期处于高水平状态($a/3b < v \leq 2a/3b+m > (6bv-2a)/3b$ 或 $2a/3b < v < 2a/3b+m > (3bv-a)/2b$),则政府应对流量赞助服务进行规制。

(3) 政府可选的规制策略。

为保证市场公平,提高市场的帕累托效率,在互联网服务提供商自主决定流量费的情况下,保证内容提供商成本信息的私有性是一种重要的规制思路。本文提出以下四种备选规制策略:

① 限制互联网服务提供商对内容提供商的纵向合并,比如收购、股份交换^[25]。

② 对互联网服务提供商设置的流量赞助服务合同进行监管,避免互联网服务提供商借助市场强势地位设置一些能够揭示内容提供商成本信息的霸王条款。

③ 对订阅费水平比较低、内容提供商单位成本比较高的电信服务供应链,通过行政指导推动互联网服务提供商不开放流量赞助服务或者进行流量价格管制。

④ 若内容提供商的成本信息称为公共信息,则需要引入供应链协调机制^[26]。

5 结论

本文从两级供应链的视角,通过构建 Stackelberg 博弈模型,研究并比较了完全信息和不完全信息两种博弈下,流量赞助服务对电信服务供应链绩效的影响,包括互联网服务提供商和内容提供商的收益、用户的消费者剩余和供应链社会福利。

结果表明,流量赞助服务未必始终对互联网服务提供商、内容提供商和用户有利,在特定条件下,有可能损害这三者的收益(效用)。特别地,由于互联网服务提供商具有先发优势,在完全信息下,尽管提供流量赞助是最优决策,但内容

提供商的收益相对于开放流量赞助服务之前出现下降。而在不完全信息下,内容提供商的单位成本作为其私有信息,互联网服务提供商的先发优势受到削弱,内容提供商的收益在订阅费较高且单位成本较低时变好。此外,不完全信息情况下,博弈还存在两种极端结果:(1) 帕累托改进。当内容提供商的订阅费用足够高且单位成本较低时,提供流量赞助服务以后,供应链的所有参与方的收益(效用)以及整体社会福利都得到提升;(2) 序贯囚徒困境。当内容提供商的单位成本特别高的时候,流量赞助服务对互联网服务提供商和内容提供商都不利。

基于以上洞见,对市场监管者来说,简单地对流量赞助服务实施禁令有待商榷。电信服务市场的监管需要充分考虑市场状况,特别是内容提供商的盈利能力和单位成本、市场容量和内容的价格弹性。最后,本文提出了四种可能的规制策略:限制互联网服务提供商对内容提供商的纵向合并、互联网服务提供商和内容提供商之间的合同监管、行政指导不开放流量赞助服务或流量限价以及引入供应链协调机制。

本研究也存在一些不足,这些不足也是未来值得进一步研究的问题,包括:(1) 考虑内容提供商的不同的收益模式,订阅费模式和免费模式下,流量赞助服务的影响机制。(2) 考虑内容提供商的混合收益模式,即付费和免费相结合^[27],研究流量赞助服务对在线内容市场的影响机制。(3) 互联网服务提供商和内容提供商通过定制的 SIM 卡建立密切关系的新趋势也值得关注。例如,中国联通发布了一系列针对不同内容提供商个性化定制的 SIM 卡,每一种都提供特定的套餐,并免除用户对某些内容的流量使用费。(4) 互联网服务提供商和内容提供商之间的转移支付问题^[28]。(5) 关注异质性用户和市场需求不确定性。

参考文献

- [1] Analytics S. Global mobile media forecast: 2015-2025[EB/OL]. [2020-09-30]. <https://www.strategyanalytics.com/access-services/media-and-services/mobile/wireless-media/wireless-media/reports/report-detail/global-mobile-media-forecast-2015-2025?slid=1268074&spg=22>.
- [2] Laffont J J, Martimort D. The theory of incentives: The principal-agent model[M]. Princeton: Princeton University Press, 2009.
- [3] Nair S K, Bapna R. An application of yield management for Internet service providers[J]. Naval Research Logistics, 2001, 48(5): 348-362.
- [4] Guo H, Cheng H K, Bandyopadhyay S. Net neutrality, broadband market coverage, and innovation at the edge[J]. Decision Sciences, 2012, 43(1): 141-172.
- [5] Zhang L, Wu W, Wang D. Sponsored data plan: A two-class service model in wireless data networks[J]. In ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, ACM, 2015, 43(1): 85-96.
- [6] Joe-Wong C, Ha S, Chiang M. Sponsoring mobile data: An economic analysis of the impact on users and content providers[C]//2015 IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM). IEEE, 2015: 1499-1507.
- [7] Ma R T B. Subsidization competition: Vitalizing the neutral Internet[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2016, 24

- (4): 2563-2576.
- [8] Andrews M, Bruns G, Lee H. Economic models of sponsored content in wireless networks with uncertain demand [C]//2013 IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM). IEEE, 2013: 345-350.
- [9] Somogyi R. The economics of zero-rating and net neutrality [EB/OL]. [2017-03-01]. <http://www.lcii.eu/wp-content/uploads/2017/02/R.-Somogyi-teh-economics-of-zero-rating-and-net-neutrality.pdf>.
- [10] Jullien B, Sand-Zantman W. Internet regulation, two-sided pricing, and sponsored data [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2018, 58: 31-62.
- [11] Jeitschko T, Kim S J, Yankelevich A. Zero-rating and vertical content foreclosure [EB/OL]. [2020-12-01]. http://econsoojin.com/wp-content/uploads/2017/09/ZR_080917.pdf.
- [12] Mei X W, Cheng H K, Bandyopadhyay S, et al. Sponsored data: Smarter data pricing with incomplete information [J]. *Information Systems Research*, 2022, 33(1): 362-382.
- [13] Satybaldy A, Joo C. Pricing and revenue sharing between ISPs under content sponsoring [J]. *Mobile Networks and Applications*, 2018, 26(2): 501-511.
- [14] ElDelgawy R, La R J. Interaction between a content provider and a service provider and its efficiency [C]//2015 IEEE International Conference on Communications (ICC). IEEE, 2015: 5890-5895.
- [15] Kim S. Novel data sponsoring control scheme based on the dual-leader Stackelberg game model [J]. *Mobile Information Systems*, 2019: 1-16.
- [16] Economides N, Tåg J. Network neutrality on the Internet: A two-sided market analysis [J]. *Information Economics and Policy*, 2012, 24(2): 91-104.
- [17] Xiong Z, Feng S, Niyato D, et al. Competition and cooperation analysis for data sponsored market: A network effects model [C]//2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC). IEEE, 2018: 1-6.
- [18] Choi P J, Kim B C. Net neutrality and investment incentives [J]. *The RAND Journal of Economics*, 2010, 41(3): 446-471.
- [19] Cheng H K, Bandyopadhyay S, Guo H. The debate on net neutrality: A policy perspective [J]. *Information Systems Research*, 2011, 22(1): 60-82.
- [20] Caron S, Kesidis G, Altman E. Application neutrality and a paradox of side payments [C]//Workshop on Re-architecting the Internet 2010. 2010: 49-54.
- [21] Bulow J, Klemperer P. Regulated prices, rent seeking, and consumer surplus [J]. *Journal of Political Economy*, 2012, 120(1): 160-186.
- [22] 张开,董远山. 双边平台中用户运营成本与定价策略选择 [J]. *管理工程学报*, 2019, 33(3): 153-161.
- Zhang K, Dong Y S. Operating costs of agents and choice of pricing strategies in two-sided platform [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2011, 33(3): 153-161.
- [23] Antonides G. Mental accounting in a sequential prisoner's dilemma game [J]. *Journal of Economic Psychology*, 1994, 15(2): 351-374.
- [24] Qu X L, Cao Z G, Mu Y F, et al. Repeated sequential prisoner's dilemma: The Stackelberg variant [J]. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2015, 32(1): 1540009.
- [25] Guo H, Bandyopadhyay S, Cheng H K, et al. Net neutrality and vertical integration of content and broadband services [J]. *Journal of Management Information Systems*, 2010, 27(2): 243-276.
- [26] Kumar S, Sethi S P. Dynamic pricing and advertising for web content providers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 197(3): 924-944.
- [27] 郑惠莉,达庆利. 移动互联网供应链协调机制研究 [J]. *管理科学学报*, 2005, 8(5): 31-37.
- Zheng H L, Da Q L. Analysis on relationship between player perception style and willingness to cooperate [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(5): 31-37.
- [28] 满青珊,张金隆,种晓丽,等. 基于博弈论的移动增值服务价值链协调机制 [J]. *管理工程学报*, 2013, 27(2): 177-186.
- Man Q S, Zhang J L, Zhong X L, et al. A coordinating mechanism for mobile value-added service value chain based on game theory [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2013, 27(2): 177-186.

The impact of data sponsorship service on telecom service supply chain under different information modes

ZHOU Yun¹, PU Yaqi², DAI Hongyan³, ZHOU Weihua^{2*}

(1. School of Management, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China; 2. School of Management, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 3. Business School, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China)

Abstract: Data sponsorship service refers to an innovative business model in which the Internet service providers (ISPs) allow content providers (CPs) to subsidize their users' data consumption such that their contents do not count toward their users' data caps. However, the data sponsorship service has provoked considerable controversies on whether the service violates the net neutrality rules. The social consensus on the legality of the service has not been reached. Thus, government regulators and industry participants must urgently understand the impact of data sponsorship services on the telecom service market. A few studies paid attention to this issue. However, few have systematically explored the effect of data sponsorship services on all three parties in the market, i. e., ISP, CP and users, and social welfare. Moreover, this effect is closely related to the information context between ISP and CP. Therefore, how data sponsorship service affects the benefits (utility) of relevant parties and social welfare in the telecom service market must be studied

under two information modes (i. e. , complete and incomplete information).

Our work focuses on a two-level telecom service supply chain, including ISP and CP as suppliers. We construct a Stackelberg game model with ISP as the leader and CP as the follower. We aim to investigate macroscopically the impact of data sponsorship services on the interaction between the ISP and the CP, the profits (utility) of supply chain participants, and the overall social welfare by considering two information modes, i. e. , complete and incomplete information. We separately explore the decision of ISP and CP with and without launching the data sponsorship service under each information mode. In the sequential game, the ISP first decides the access price of Internet service, whereafter the CP decides the subsidization proportion for users' data consumption. Moreover, we assume that ISP only understands CP's marginal cost distribution under the incomplete information mode.

In equilibrium, the sponsorship of CP generally increases with the subscription fee charged by CP and decreases with CP's marginal cost. CP chooses not to offer any data sponsorship under complete or incomplete information mode when the subscription fee is below a certain threshold. Moreover, data sponsorship service may not necessarily be beneficial in improving the benefits (utility) of the participants in the telecom service supply chain and social welfare. Nonetheless, the equilibrium analysis presents different impact mechanisms under complete and incomplete information modes, which may inspire new insights. In the complete information mode, the telecom service supply chain is not affected after the ISP launches the data sponsorship service when the subscription fee charged by CP is below a certain threshold. CP chooses to increase sponsorship as the subscription fee increases. The data sponsorship service increases ISP's profit while decreasing CP's profit. The impact on user utility and social welfare depends on specific market parameters; data sponsorship service improves user utility and social welfare when the CP's subscription fee exceeds a certain threshold. However, the opposite is true when the CP's subscription fee is below the threshold. This result can be attributed to the first-mover advantage of ISP, which may render ISP reap the incremental profit generated from the high data consumption from large user size and even additional profit from the CP. Thus, CP contrarily suffers profit reduction from data sponsorship services.

In the incomplete information mode, CP chooses not to sponsor the data consumption when the subscription fee is low. Thus, no impact is imposed on the telecom service supply chain. As subscription fees increase, CP tends to increase the traffic sponsorship. If the marginal cost of CP is high relative to the subscription fee, the data sponsorship service reduces the profit of ISP and CP, user utility, and social welfare. Thus, the supply chain falls into a sequential prisoner's dilemma. Conversely, data sponsorship leads to Pareto improvement of the supply chain when the marginal cost is relatively low compared with the subscription fee. All the parties enjoy merit from data sponsorship. The marginal cost of CP can weaken the first-mover advantage of ISP to some extent and improve the fairness of revenue distribution in the telecom service market.

In summary, our study implies that the impact of data sponsorship service is sensitive to market status, which can be positive, negative, or even has no influence under different levels of CP's subscription fee and marginal costs. Therefore, a "one-size-fits-all" ban on data sponsorship services may not be a wise choice for market regulators (government). In general, traffic sponsorship service tends to benefit from the performance of the telecom service supply chain with CP's private operation information and low level of CP's operation cost. The conclusions provide enlightenment and strategic suggestions for the government's supervision and regulation of the telecom service market.

Key words: Data sponsorship service; Telecom service supply chain; Stackelberg game; Private information; Market regulation

Received Date: 2021-06-26

Funded Project: Supported by the Philosophy and Social Science Planning of Zhejiang (22NDJC054YB), the National Key R&D Program of China (2019YFB1404901), and the National Natural Science Foundation of China (72192823).

* Corresponding author