

5G 语音 EPS Fallback 主叫流程优化思路

Optimization Ideas for 5G Voice EPS Fallback Calling Process

王建华,蔡小峰(中国联通江苏分公司,江苏 南京 210019)

Wang Jianhua,Cai Xiaofeng(China Unicom Jiangsu Branch,Nanjing 210019,China)

摘要:

5G网络实现语音呼叫的方式有2种,一种是EPS Fallback回落方式,另一种是目标VoNR非回落方式。由于EPS Fallback方式需要先回落至4G网络,主叫接通时延相比VoNR方式要慢1s左右。提出针对EPS Fallback主叫流程的优化思路,通过网络侧升级改造,最终达到EPS Fallback主叫时延与VoNR主叫时延一致的效果。

关键词:

5G语音;EPS Fallback;Rx接口;会话初始协议;流程优化

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.01.011

文章编号:1007-3043(2024)01-0049-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

There are two ways to implement voice calls in 5G networks, one is the EPS Fallback method, and the other is the target VoNR non fallback method. Due to the fact that the EPS Fallback mode needs to be dropped back to the 4G network first, the call connection delay is about 1 second slower than the VoNR mode. It proposes an idea for optimizing the EPS Fallback calling process. Through network side upgrades and modifications, the EPS Fallback calling delay is ultimately consistent with the VoNR calling delay.

Keywords:

5G voice; EPS Fallback; Rx interface; SIP; Process optimization

引用格式:王建华,蔡小峰. 5G 语音 EPS Fallback 主叫流程优化思路[J]. 邮电设计技术, 2024(1): 49-53.

1 EPS Fallback 简介及现状

当前,语音通话仍然是移动通信的基本业务。SA独立组网不支持VoNR的5G终端语音,可通过从5G网络回落到4G网络的EPS Fallback方式实现该功能,此时用户的数据业务也同步回落到4G网络。这种回落方式一方面会造成语音呼叫的建立时延增加,另一方面4G的数据速率相对5G网络也会降低。同时,由于4G无线覆盖问题,网络切换可能会失败,最终影响

用户业务感知。

随着5G SA的规模部署,5G语音可采用目标VoNR非回落的方式实现,用户终端开机驻留在5G网络,在IMS网络注册后发起语音呼叫,可直接通过5G核心网建立语音PDU会话,无需回落到4G网络,用户体验更好。

统计某省P-CSCF上忙时1h语音呼叫情况可知,当前5G终端语音主叫EPS Fallback约占52%(见图1),统计原理为若主叫侧P-CSCF收到5G用户发起的呼叫,但在查询用户位置信息时,返回当前已经不是5G接入,则计为EPS Fallback呼叫。通过优化EPS Fallback主叫流程,降低EPS Fallback主叫接续时延,

基金项目:国家重点研发计划(2020YFB1805104)

收稿日期:2023-11-07

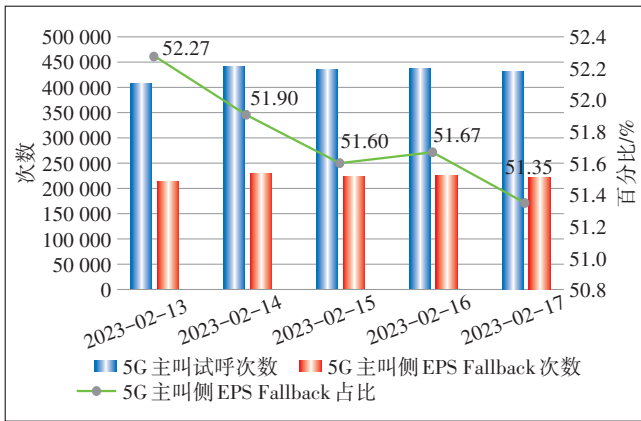


图1 5G语音EPS Fallback占比情况

对提升EPS Fallback用户感知很有必要。

2 现网EPS Fallback主叫流程

EPS Fallback主叫流程如图2所示,具体如下。

a) 用户在5G网络发起语音呼叫时,如果终端处于IDLE态,则需启动Service Request过程,建立UE端到UPF端到端的用户面承载,业务请求接入成功后,终端即可发起语音呼叫。

b) 用户发起初始INVITE请求。SIP消息中PANI头域携带用户接入信息,包括用户接入网络和小区信息,如P-Access-Network-Info:3GPP-NR-TDD;utran-cell-id-3gpp=46001DE0400DE0575000。

c) P-CSCF收到INVITE消息后,根据Rx profile模板,发起AAR专载建立请求消息给PCF。AAR消息中包括各种订阅请求,如INDICATION_OF_LOSS_OF_BEARER

(2)、INDICATION_OF_RECOVERY_OF_BEARER(3)、INDICATION_OF_RELEASE_OF_BEARER(4)、IP-CAN_CHANGE(6)、ACCESS_NETWORK_INFO_REPORT(12)等,其中ACCESS_NETWORK_INFO_REPORT(12)表示需要PCF提供用户当前位置信息。PCF收到AAR请求后,发起Npcf_SMPolicyControlAPI_SmPolicyControlUpdateNotify Request消息给SMF,SMF返回Npcf_SMPolicyControlAPI_SmPolicyControlUpdateNotify Response响应给PCF,包含“accessType”:“3GPP-ACCESS”,“ratType”:“NR”。

d) PCF向主叫侧P-CSCF返回AAA响应消息。消息包含IP-CAN-Type:3GPP-5GS(8)和RAT-Type:NR(1006),其中RAT-Type用于标识用户终端使用的无线接入技术,当RAT-Type取值为E-UTRAN时,表示终端使用4G接入技术;当RAT-Type取值为NR时,表示终端使用5G接入技术。IP-CAN-Type用于表示用户接入的核心网类型,当IP-CAN-Type取值为3GPP-EPS时,表示用户从EPC核心网接入;当IP-CAN Type取值为3GPP-5GS时,表示用户从5GC核心网接入。

e) PCF发起建立语音专用QoS Flow流程。当5G基站收到承载建立请求流程时,根据当前5G基站的配置决定是否进行EPS Fallback。如果5G基站未打开VoNR功能或打开VoNR功能但收到的InitialContext-SetupRequest消息中无voiceOverNR:support,则5G基站将指示用户回落到4G网络。在进行EPS Fallback之前,5G基站会通知用户测量4G无线信号,然后再通

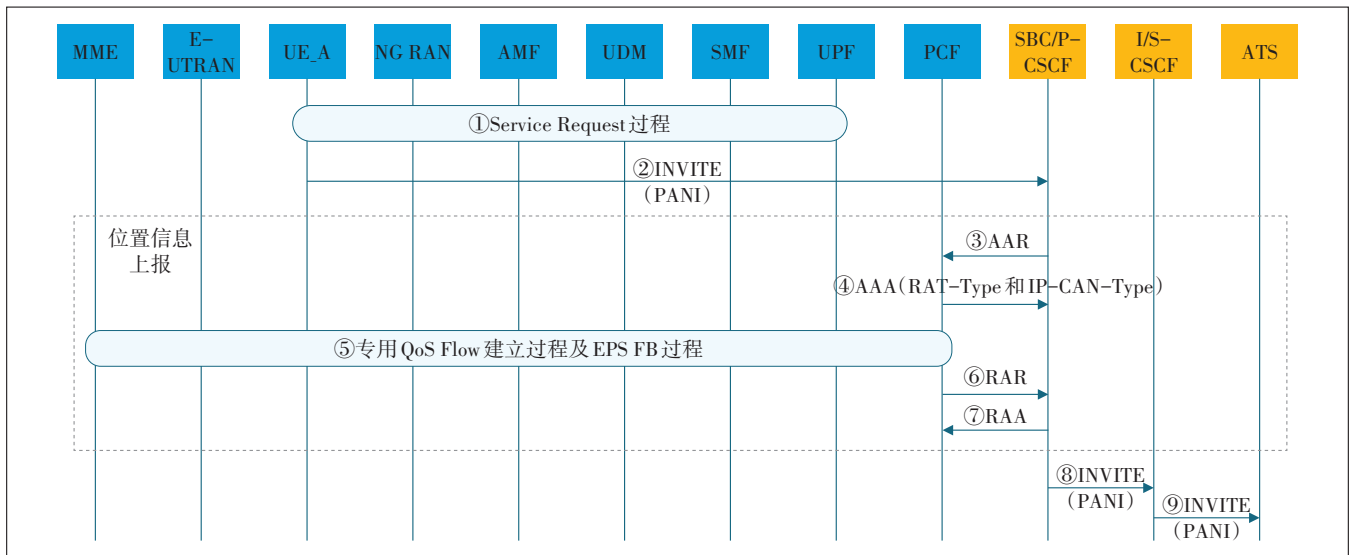


图2 EPS Fallback主叫流程

过切换或者重定向的方式向 4G 网络回落,整个回落过程没有信令通知 IMS 网络,故 IMS 不感知 EPS Fallback 流程的触发。在 EPS Fallback 后,主叫用户回落到 4G 网络,由 VoLTE 提供服务。

f) PCF 将回落到 4G 网络的用户位置信息,通过 RAR 请求消息发送给主叫侧 P-CSCF,包括 IP-CAN-Type: 3GPP-5GS (8)、RAT-Type: EUTRAN (1004)、3GPP-User-Location-Info: 46001d80a599a41f 和 Specific-Action: IP-CAN_CHANGE(6)。可根据 RAT-Type 获知用户当前是否通过 4G 网络接入。

g) P-CSCF 收到 RAR 消息后,向 PCF 返回 RAA 响应。

h) P-CSCF 根据 RAR 消息中的位置信息,更新 SIP 消息中的 PANI 头域,增加 Network-Provided 参数,表明该位置信息是网络侧获取而非用户上报的位置信息,并随着 invite 消息转发给主叫侧 S-CSCF。主叫侧 S-CSCF 收到更新后的 PANI 头域如 P-Access-Network-Info: 3GPP-E-UTRAN; utran-cell-id-3gpp=46001d80a599a41f; network-provided; sbc-domain=psbc15.025.250.js.ims.chinaunicom.cn; ue-ip=[2408:853e:b80:1b55:c4a8:aaff:fee4:d2ea]; ue-port=44726。

从上述流程可以看出, EPS Fallback 相比 VoNR 流程多了用户回落 4G 网络的过程。在主叫侧 4G、5G 无线环境较好的情况下,主叫侧 P-CSCF 收到 RAR 请求消息比 VoNR 流程延迟近 1 s(见图 3 和图 4)。

EPS Fallback 被叫用户不存在时延增加的问题,

被叫 P-CSCF 收到被叫终端的 183 响应后,可以直接转发 183 至被叫侧 S-CSCF,无需等待 PCF 发送 RAR 位置信息上报请求消息,被叫用户的位置信息仅作为话单产生使用。EPS Fallback 被叫时的 RAR 请求消息,只需要在 200 ok(invite)被叫应答消息前收到即可,正常情况下是被叫侧 P-CSCF 转发 183 响应后,就立即收到 PCF 发送的 RAR 被叫位置信息请求消息,并随后续的 200 ok(prack)消息发送至被叫侧 MMTEL。

主叫侧 MMTEL 通过 INVITE 消息中的 PANI 头域获取主叫用户位置信息。除了用于话单计费外, PANI 头域中的 sbc-domain,如 psbc15.025.250,还用于主叫侧 MMTEL 处理用户拨打的分区接入号码如 110、119 等的被叫号码规整,该 sbc-domain 中的区号和区域码是 P-CSCF 根据 RAR 请求中携带的小区信息进行匹配得到的。

3 EPS Fallback 主叫流程优化思路

在 5G 基站未打开 VoNR 功能时,所有的 5G 用户语音全部需要 EPS Fallback,PCF 发给 P-CSCF 的 RAR 请求中携带的全部是 4G 小区信息,因而 P-CSCF 中无需配置 5G TAC 或 5G 小区相关数据。

当 5G 基站打开 VoNR 功能后,对于支持 VoNR 的终端,主、被叫时无需再 EPS Fallback,此时 PCF 发给 P-CSCF 的 RAR 请求中携带的将是 5G 小区信息,因而 P-CSCF 需要增加对 5G TAC 或 5G 小区的数据配置,并对应到相应的区号、区域码。

39	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:29.680	SIP	INVITE	接收
40	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:29.681	SIP	100(INVITE)	发送
41	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:29.684	DIAMETER	AAR	发送
42	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:29.761	DIAMETER	AAA	接收
43	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:30.650	DIAMETER	RAR	接收
44	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:30.654	DIAMETER	RAA	发送
45	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:30.653	INVITE	INVITE	发送
46	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:30.863	SIP	100(INVITE)	接收
47	PSBC13	SBC	2022-06-13 13:57:30.813	SIP	183(INVITE)	接收

图 3 EPS Fallback 主叫跟踪示例

1	PSBC11	SBC	2022-06-13 14:02:30.814	SIP	INVITE	接收
2	PSBC11	SBC	2022-06-13 14:02:30.815	SIP	100(INVITE)	发送
3	PSBC11	SBC	2022-06-13 14:02:30.817	DIAMETER	AAR	发送
4	PSBC11	SBC	2022-06-13 14:02:30.876	DIAMETER	AAA	接收
5	PSBC11	SBC	2022-06-13 14:02:30.934	DIAMETER	RAR	接收
6	PSBC11	SBC	2022-06-13 14:02:30.937	SIP	INVITE	发送

图 4 VoNR 主叫跟踪示例

在 5G 基站打开 VoNR 功能的情况下,对于 EPS Fallback 用户,根据 3GPP TS 29.214 协议规范,可以通过 PCF 发送 2 次 RAR 请求来解决主叫 EPS Fallback 比 VoNR 接续时延慢的问题。

第 1 次 RAR 请求中携带的位置信息为 5G 小区,主叫侧 P-CSCF 根据 5G 小区匹配相应的区号和区域码后,立即转发初始 invite 给主叫侧 S-CSCF,主叫侧 MMTEL 根据 PANI 头域中携带的 sbc-domain 信息对被叫号码进行格式重整。

第 2 次 RAR 请求中携带的位置信息为 4G 小区。主叫侧 P-CSCF 收到 RAR 请求后匹配对应的区号和区域码,通过后续消息如 PRACK(PANI 头域中携带 sbc-domain)更新至下级网元。主叫用户话单中的位置信息与 EPS Fallback 保持一致,还是 4G 小区,不影响主叫用户的计费。

优化后的 EPS Fallback 主叫流程如图 5 所示,说明如下。

a) 5G 用户注册时,终端会发送 UERadioAccess-CapabilityInformation 消息,携带终端的无线能力给 AMF。如果终端支持 VoNR,则会在 UE_NR_Capability 5G 能力部分 nonCriticalExtension 中携带 voiceOverNR:support(0);如果终端不支持 VoNR,则无

此部分内容。AMF 同步保存终端的无线支持能力。

b) 主叫终端发起初始 invite 请求给主叫侧 P-CSCF,终端携带 5G 位置信息。

c) 主叫侧 P-CSCF 收到初始 invite 请求后,检查 Rx profile 配置策略并发起 AAR 请求。当 P-CSCF 打开 EPS Fallback 功能后,AAR 消息中会增加 EPS Fallback (17) 的订阅,另外增加 Support-Features feature-list: 256。新增的订阅和 Support-Features 只针对 5G 接入的会话,即用户 IMS 注册时必须是 NR 接入方式,其他接入方式的 AAR 请求中不携带 EPS Fallback 指示。

d) PCF 收到带有 EPS Fallback 订阅的 AAR 请求后,会向 SMF 发送 Npcf_SMPolicyControlAPI_SmPolicyControlUpdateNotify Request,请求消息中需要增加 EPS Fallback 指示。SMF 收到请求后,首先按照原先流程返回 Npcf_SMPolicyControlAPI_SmPolicyControlUpdateNotify Response 给 PCF,包括“accessType”:“3GPP_ACCESS”,“ratType”:“NR”。

e) PCF 返回 AAA 响应给主叫侧 P-CSCF,包括 IP-CAN-Type:3GPP-5GS(8)、RAT-Type:NR(1006)。

f) SMF 发送 Namf_Communication_N1N2MessageTransfer Request 请求消息给 AMF,其中也携带有 EPS Fallback 指示。当 AMF 收到该请求后,首先对用户进

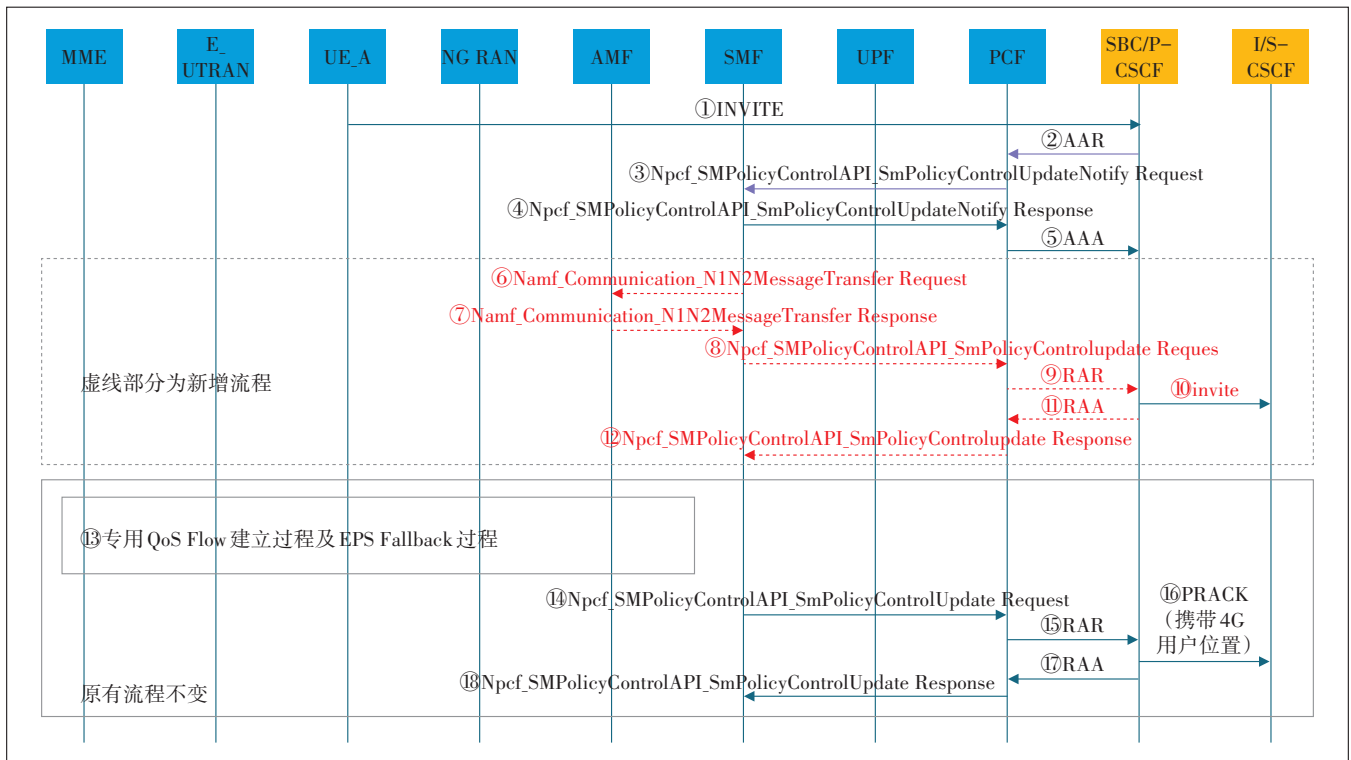


图 5 EPS Fallback 主叫优化流程

行判断,如果终端的无线能力支持 VoNR,则按照之前 VoNR 的流程继续执行;如果终端不支持 VoNR,根据 EPS Fallback 的指示,AMF 将通过 Namf_Communication_N1N2MessageTransfer Response 返回用户当前 5G 接入信息给 SMF。

g) SMF 收到 Namf_Communication_N1N2MessageTransfer Response 响应后,发起 Npcf_SMPolicyControlAPI_SmPolicyControlUpdate Request 请求给 PCF,携带用户当前 5G 接入信息。

h) PCF 收到 SMF 的 Npcf_SMPolicyControlAPI_SmPolicyControlUpdate Request 请求后,发起 RAR 请求给主叫侧 P-CSCF,携带用户当前 5G 接入信息。

i) 主叫侧 P-CSCF 根据收到的网络侧提供的 5G 位置信息,在匹配相应的区号和区域码后立即转发初始 invite 至主叫侧 S-CSCF,而无需等待主叫用户回落 4G 后,再根据收到的 RAR 携带的 4G 位置信息匹配区号和区域码,发送初始 invite 至主叫侧 S-CSCF。

AMF 完成图 5 中的虚线流程后,会继续原先的 EPS Fallback 流程。主叫侧 P-CSCF 再次收到 RAR 请求(携带 EPS Fallback 后的 4G 接入类型和 4G 小区)后,将在后续消息,如 PRACK 中,更新 PANI 为 4G 接入类型和 4G 小区,同时 PANI 增加 EPS Fallback=1 字段。下级网元看到 EPS Fallback=1 标志后,将用户呼叫类型修改为 EPS Fallback,如果被叫接通,则主叫话单中的用户位置也同步修改为 4G 小区信息。

4 网络侧相关改造

4.1 IMS 侧网元改造

对 P-CSCF 网元的 Rx 模板数据配置进行修改,增加 EPS Fallback 指示功能和 EPS FallbackReport 的特性列表 2 功能。

EPS Fallback 指示功能表示 P-CSCF 向 PCF 订阅 EPS Fallback 事件,若配置了该功能,则 AAR 请求消息中 specific-action AVP 的值为 EPS_FALLBACK(17)。

EPS FallbackReport 的特性列表 2 功能配置为 EPS Fallback,表示当呼叫承载订阅事件参数中配置了 EPS Fallback 时,需要配置此值。此时 P-CSCF 发送的 AAR 中携带 Support-Features2 AVP,且包含的子 Feature-List2 AVP 的 bit8 设置为 1。

4.2 5GC 核心侧网元改造

根据 EPS Fallback 主叫流程的优化思路,需要 5GC 核心侧 PCF、SMF、AMF 网元同步升级,以支持消

息中携带的 EPS Fallback 指示参数。

优化后的 EPS Fallback 主叫流程虽然增加了部分信令消息的开销,但与整个呼叫流程相比,增加的信令消息完全可以忽略,系统负荷也无明显增加。

5 预期优化效果

在 4G、5G 无线覆盖均较好的地方,分别使用 5G 终端的 EPS Fallback 和 VoNR 这 2 种语音方式,拨打相同号码并各测试 50 遍,计算平均接通时延。计算方法是主叫侧 P-CSCF 收到 180 振铃响应时间减去收到主叫终端发起的初始 invite 消息时间。

经现网测试, EPS Fallback 主叫平均接通时延为 2 927 ms, VoNR 主叫平均接通时延为 1 967 ms。相较于 VoNR, EPS Fallback 主叫接通时延多 960 ms。

通过对 EPS Fallback 主叫流程的优化,降低 EPS Fallback 主叫接续时延,平均可以降低 960 ms,实现与 VoNR 接续时延一致的目标。

6 结束语

5G 语音业务流程涉及到 IMS 域、5GC 域、EPC 域等众多网元,信令流程异常复杂,给日常运维工作带来了巨大的挑战,但另一方面也给运维人员提供了更广阔的网络优化空间。针对当前网络中存在的痛点,充分利用 3GPP 规范定义的一些可选功能,挖掘网络能力,进一步优化业务流程,最终达到提升用户感知的目标。

参考文献:

- [1] 3GPP. Policy and charging control over Rx reference point: 3GPP TS 29.214[S/OL]. [2023-10-14]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 3GPP. NG application protocol (NGAP): 3GPP TS 38.413[S/OL]. [2023-10-14]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [3] 3GPP. Non-access-stratum (NAS) protocol for 5G system (5GS): 3GPP TS 24.501[S/OL]. [2023-10-14]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

作者简介:

王建华,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事移动网 VIMS 的技术支持和网络优化工作;蔡小峰,毕业于南京大学,工程师,硕士,主要从事移动核心网的管理和支撑工作。

