arXiv:2305.02723v1 [cs.HC] 4 May 2023

儿童-机器人交互中的家庭理论：将家庭视为整体以指导儿童-机器人交互设计

Bengisu Cagiltay
bengisu@cs.wisc.edu 威斯康星大学麦迪逊分校计算机科学系，美国威斯康星州麦迪逊

Bilge Mutlu
bilge@cs.wisc.edu 威斯康星大学麦迪逊分校计算机科学系，美国威斯康星州麦迪逊

Margaret Kerr
margaret.kerr@wisc.edu 威斯康星大学麦迪逊分校人类发展与家庭研究系，美国威斯康星州麦迪逊

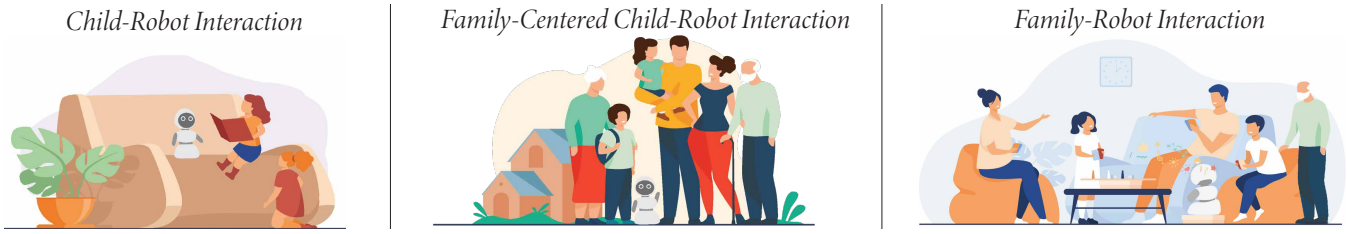

图 1： 儿童-机器人和家庭-机器人交互的概念示意图：**儿童-机器人交互通常体现为儿童与机器人之间的二元关系。然而，以家庭为中心的儿童-机器人交互以儿童-机器人二元关系为核心，同时也考虑影响儿童与机器人之间交互的家庭成员。本文采用理论驱动的方法探讨以家庭为中心的儿童-机器人交互。我们还提出了**家庭-机器人互动**这一概念，即整个家庭在多方交互情境中共同与机器人互动。**

摘要

在这项工作中，我们探讨了一种基于理论、适用于儿童-机器人交互的以家庭为中心的设计方法，该方法借鉴了家庭系统理论（FST）和家庭生态模型（FEM）。儿童及其家庭周围的因素，例如儿童、兄弟姐妹与父母之间的关系，以及家庭日常活动、仪式和价值观，都会影响机器人在家庭中的长期参与和接受度。在为儿童开发家用技术时，采用以家庭为中心的交互设计方法至关重要，尤其是对于机器人这类社交代理而言，因为儿童可以与它们建立联系和关系。我们回顾了家庭理论的相关文献，并将其与儿童-机器人交互和儿童-计算机交互研究联系起来。我们介绍了两个案例研究，展示家庭理论——家庭系统理论（FST）和家庭生态模型（FEM）——如何为机器人融入家庭提供指导，尤其是为儿童-机器人交互和家庭-机器人交互研究提供指导。最后，我们提出了五项适用于儿童-机器人交互的以家庭为中心的设计方法的总体建议。

允许免费制作本作品全部或部分内容的数字副本或纸质副本，供个人使用或课堂教学使用，但前提是不得出于营利或商业利益目的制作或分发这些副本，且副本首页必须注明本声明及完整引文。对于本作品中由作者以外的其他方拥有版权的组成部分，必须尊重其版权。注明出处后，允许摘录。若要以其他方式复制、重新出版、发布至服务器或分发至邮件列表，则必须事先获得特定许可和/或支付费用。请通过 permissions@acm.org 申请授权许可。*IDC '23，2023 年 6 月 19 日至 23 日，美国伊利诺伊州芝加哥*© 2023 版权所有归所有者/作者所有。出版权已授权给 ACM。
ACM ISBN 979-8-4007-0131-3/23/06...$15.00
https://doi.org/10.1145/3585088.3589386

CCS 概念

• **以人为中心的计算 → 交互设计理论、概念与范式**；**人机交互理论、概念与模型**；以用户为中心的设计。

关键词

家庭-机器人交互；儿童-机器人交互；家庭系统理论；家庭生态模型；社交机器人；交互设计；以家庭为中心的设计

ACM 参考格式：
Bengisu Cagiltay、Bilge Mutlu 和 Margaret Kerr。2023。儿童-机器人互动中的家庭理论：将家庭视为整体，以设计儿童-机器人交互。载于《交互设计与儿童》（*IDC '23*），*2023年6月19日至23日*，美国伊利诺伊州芝加哥。ACM，美国纽约州纽约市，8页。https: //数字对象标识符.org/10.1145/3585088.3589386

1 引言

过去十年间，对话式代理（如亚马逊 Alexa 和谷歌 Home Assistant）以及自主清洁机器人（如 Roomba）已在家庭和家庭成员的日常生活中无处不在。关于这些技术使用情况的研究发现，父母会利用智能音箱来补充和拓展养育目标、改善家庭成员之间的沟通、规范技术使用，并辅助设定日常惯例和日程安排等养育任务 [8]。随着全球家庭机器人市场持续增长，预计到 2027 [46], 将达到 219.4 亿美元，机器人将在家庭环境中得到广泛采用，因此更有必要采用涵盖家庭的研究方法，探讨社交机器人的长期应用。

机器人学研究表明，社交机器人能够有效地为自闭症儿童提供干预 [13]，儿童也认为社交机器人不那么爱评判他人；尤其是在教育情境中学习数学或阅读时，这一点更为明显 [49]。社交机器人可以帮助缓解焦虑并进行情绪调节 [37]；支持儿-童学习数值技能 [33]；促进创造力 [3]；并推动亲社会行为发展 [45]。基于设计的研究显示，儿童喜欢与社交陪伴机器人一起阅读、玩耍和照料它，并且愿意在家庭住宅中长期与其相处 [14, 15, 39]。然而，家庭住宅中有许多成员，家庭动态和家庭结构也十分复杂，这些因素会影响家庭成员的观点，进而影响家庭对机器人的长期参与度和接受度。要将社交机器人全面融入家庭环境，设计这类技术时必须考虑的不仅是儿童-机器人交互，还要考虑整个家庭。

本文提出采用以家庭为中心的方法，为儿童及其家庭设计社交机器人交互（即家庭-机器人交互）。我们回顾儿童-机器人交互和儿童-计算机交互研究中的相关工作，并探讨家庭理论如何为社交机器人的设计提供指导，使其能够部署在儿童及其家庭的家庭住宅中。此外，我们还讨论以家庭为中心的方法在儿童-机器人交互中的优势与局限。基于这些讨论，我们提出五项关键建议，说明儿童-机器人交互研究人员如何采用以家庭为中心的方法。总的来说，我们探讨人机交互研究如何通过从理论角度理解家庭，进一步改善面向儿童和家庭的家庭社交机器人交互设计。具体而言，以下问题指导了这项工作：家庭理论，即家庭系统理论和家庭生态模型，如何为机器人如何融入家庭环境以支持儿童-机器人交互和家庭-机器人交互提供指导？

2 相关研究

2.1 家庭理论

家庭理论最初应用于家庭临床实践，由 Bowen 家庭系统理论（FST）提出 [9]。FST 认为，家庭是一个复杂的社会系统，家庭成员相互互动并影响彼此的行为。Cox 和 Paley [20] 借助生物系统隐喻来描述家庭系统，例如，正如细胞构成生物体一样，家庭由更小的子系统（如父母、夫妻或兄弟姐妹之间的互动）构成，同时也是更大系统的一部分。从这一视角来看，家庭大于各部分之和，具有子系统层级，并能根据更大系统的变化实现适应性自我稳定和自组织。Cox 和 Paley [20]将这一观点概括如下：“任何家庭成员都与更大的家庭系统密不可分，脱离该系统的情境，便无法对其进行全面理解。”从这一视角来看，家庭中的社交机器人可以被视为家庭和家庭系统的一员，能够与其他家庭成员建立不同的联系和关系，影响家庭成员的行为，而系统中的其他成员也能影响机器人的行为。将家庭系统方法应用于儿童与机器人互动研究，有助于我们理解机器人如何通过促进亲子关系、兄弟姐妹之间 [19], 或代际间的联系，推动共同的社会互动。家庭系统方法还有助于我们理解父母对家庭中社交机器人的期望、顾虑和接受度 [40]。

然而，家庭也受到各种生态因素的影响，这些因素会影响家庭成员之间的关系和互动。对此，布朗芬布伦纳的生物生态理论 [10–12] 指出，不同系统层次之间的互动会影响个体的发展。在这些层次中，生物生态理论将个体置于微系统的中心，周围是个体的直接关系；中系统 涵盖不同层次之间或同一层次不同情境之间的互动；外系统 涵盖与间接环境之间的关系；宏系统 则包括社会层面或信念层面的影响。这些系统由若干要素构成，分别涵盖过程 （与物体或他人的互动）、个体 （个人特征、兴趣、外貌）、情境 （家庭、学校、社区、邻里）和时间 （历史变化及过程持续时间）。尽管生物生态理论通常用于儿童发展和家庭研究领域，但也被用于为儿童设计技术的过程，尤其是教育技术领域 [32], ，例如设计远程呈现机器人互动，以支持居家儿童接受教育 [1, 2]。家庭生态模型（FEM） [5] 是对这一生物生态理论的改编，同样指出，养育等家庭互动会受到家庭所处环境的影响，因此应将家庭置于生态系统的中心 [23]。

其他生态系统理论也应用于人机交互和 HRI 领域的新技术设计中。Forlizzi 提出的“产品服务生态”模型 [28], 是对“社会生态”模型的改编，使设计师能够以整体视角理解产品设计与使用的周边因素。Forlizzi 和 DiSalvo [29] 通过民族志观察，运用生态系统模型研究自主服务机器人（即 Roomba 吸尘器）如何融入家庭住宅。类似地，Sung 等人 [50] 提出“家庭机器人生态”模型，以整体理解复杂的家庭环境，以及自主服务机器人在长期使用中的接受度。研究者还采用“老龄化生态”方法，探讨如何设计机器人来帮助老年人在家中生活 [30]。然而，这些应用通常聚焦于家用服务机器人，例如清洁机器人；对于如何运用生态系统模型设计能够与儿童和家庭进行社会互动、建立联系与关系 的家用机器人，相关研究仍然有限。

2.2 面向家庭-机器人交互的设计

儿童-机器人交互研究表明，儿童在家庭中与机器人互动，有助于其社交和智力发展。机器人能激励儿童做家务，例如整理房间 [27], 鼓励儿童阅读 [43], 并支持他们进行情绪调节 [35, 48]。然而，用户接受度以及对社交机器人的长期参与仍然面临挑战 [24, 25]。社交机器人扮演不同的角色，并为用户提供陪伴 [14, 22]。以往研究强调了机器人面向儿童的多种角色，例如家用机器人助手 [22, 26], 和社交辅助代理所扮演的角色

它们提供自闭症 [47] 和教育干预 [7]。儿童和青少年会赋予社交机器人不同角色，例如教练、助手、陪伴者和倾诉对象 [4, 14, 42]，；老年人也会向它们倾诉自己的烦恼 [17]。交互式社交语音代理通过游戏和娱乐，帮助儿童参与社交游戏并与机器人建立积极的关系 [6]；社交机器人还能鼓励家庭游戏时间和参与度 [38]。

协同设计作为一种方法论，能够通过与研究人员密切合作，赋能家庭参与新技术的设计。在设计环节中纳入儿童与父母，可以揭示亲子亲密关系的独特方面，即参与度、亲密感和责任感的提升 [21]，并深入了解新技术设计中的家庭互动 [14, 51]。由于家庭成员可能有相互冲突的目标和观点，让多代家庭成员参与设计过程有助于促成真实使用场景 [18]；而技术探针简单、灵活且适应性强的特性，则能支持家庭技术设计，并为家庭动态增添趣味性 [34]。越来越多的研究在设计家庭技术时将父母和儿童纳入考量 [2, 31, 36]。然而，人机交互研究对作为整体的家庭关注有限，即对家庭-机器人互动的关注不足。要有效设计家用社交机器人，就必须超越儿童-机器人互动，以整个家庭为设计对象，涵盖儿童、兄弟姐妹、父母、祖父母、大家庭成员或其他家庭成员。总的来说，目前尚缺乏应用以家庭为中心的设计方法，在家用社交机器人的设计中纳入不同家庭成员的视角。

3 以家庭为中心的儿童-机器人交互

家庭生态模型将整个家庭置于生态系统的中心。从以家庭为中心的儿童-机器人交互视角来看，在考察家庭社交机器人周围的生态系统时，我们应将家庭-机器人子系统置于生态系统的中心。然而，过去的儿童-机器人交互研究通常聚焦于儿童与机器人的二元关系，很少考虑儿童和机器人周围的影响因素。在为儿童和家庭设计社交机器人时，聚焦儿童-机器人子系统是关系得以建立的必要基础，进而才能在家庭中形成家庭层面的关系。为此，我们可以根据机器人交互设计的功能和目的，将儿童-机器人子系统或家庭-机器人子系统置于中心（见图 2）。我们将讨论两个案例研究，展示家庭系统和家庭生态因素如何影响儿童与机器人的互动参与度：（1）从以儿童-机器人为中心的视角，以及（2）从以家庭-机器人为中心的视角。在这些案例研究中，我们还将说明家庭理论模型如何为分析和研究设计过程提供指导。

3.1 家庭阅读陪伴机器人：长期参与度分析

我们将展示，如何运用家庭理论方法进行分析，以儿童-机器人为中心的视角，帮助我们理解机器人如何融入家庭住宅。

背景。作为案例示例，我们将介绍一项近期研究：该研究设计了一款全自主阅读陪伴机器人，并将其部署在16个家庭住宅中，为期一个月 [16]。这款机器人旨在倾听儿童朗读一本非正式科普读物，并围绕书中内容发表社会性评论，以支持儿童对相关主题的了解、激发他们对科学的兴趣，并通过自我披露建立社会联系。值得注意的是，这款机器人仅支持与儿童进行二元互动，并非为支持多方互动而设计。无监督现场部署的研究结果揭示了儿童长期参与机器人的不同动因。儿童对阅读活动的兴趣会随时间发生变化；环境因素也会影响儿童的参与度、兴趣和技术采纳情况，例如父母影响（如放任型父母，或为孩子设定目标、提醒孩子的父母）、机器人在家庭中的摆放位置是否便于立即使用（如儿童卧室、共享空间或客厅）、家庭日常活动的变化（如周末出游、开始新的课外活动、来客拜访），以及机器人活动与日常安排的契合程度。研究结果显示，尽管许多儿童在为期一个月的部署中采纳了机器人，但有些家庭觉得互动形式单一，难以将机器人融入日常活动，这影响了儿童的长期参与。有些儿童根据个人偏好调整了与机器人的互动方式，有些则受到外部因素干扰，还有些停止使用机器人。研究人员还对家庭日常互动视频进行了二次分析，探究群体互动如何围绕机器人展开 [41]，并观察到许多家庭成员（如父母、兄弟姐妹、来访亲属和客人）似乎都很愿意参与群体互动，却因机器人仅支持二元互动而无法参与。这些局限凸显了机器人错失了支持家庭微系统之间互动（如儿童—兄弟姐妹—机器人、父母—儿童—机器人）的机会，因此有必要采用更多以家庭为中心的方法来促进家庭群体互动，本文将对此进行探讨。

3.1.1 运用家庭理论分析儿童-机器人交互：基于这一案例研究背景，我们将从家庭系统理论和家庭生态模型的视角，深入探讨作为家庭一部分的社交机器人如何影响不同家庭成员之间的行为，反之亦然。图2（右）展示了上述研究情境中环绕儿童-机器人交互的各个系统。从家庭生态学的角度出发，我们将儿童-机器人二元关系置于中心，这是基于机器人交互的可供性。围绕儿童与机器人的微系统涵盖了与机器人相关并围绕机器人形成的、具有影响力的互动和关系。该微系统包括父母、祖父母、同伴、兄弟姐妹、亲属和访客等家庭成员。在这个微系统中形成的互动不仅包括儿童与机器人之间的互动，也包括其他二元互动，例如兄弟姐妹—机器人互动和访客与机器人互动，即其他家庭系统。尽管机器人无法支持与多个群体成员同时互动，但对 [41]的视频分析记录了多个家庭成员被动观察或直接参与儿童-机器人交互的情况。中系统涵盖不同情境下系统之间所有可能的互动

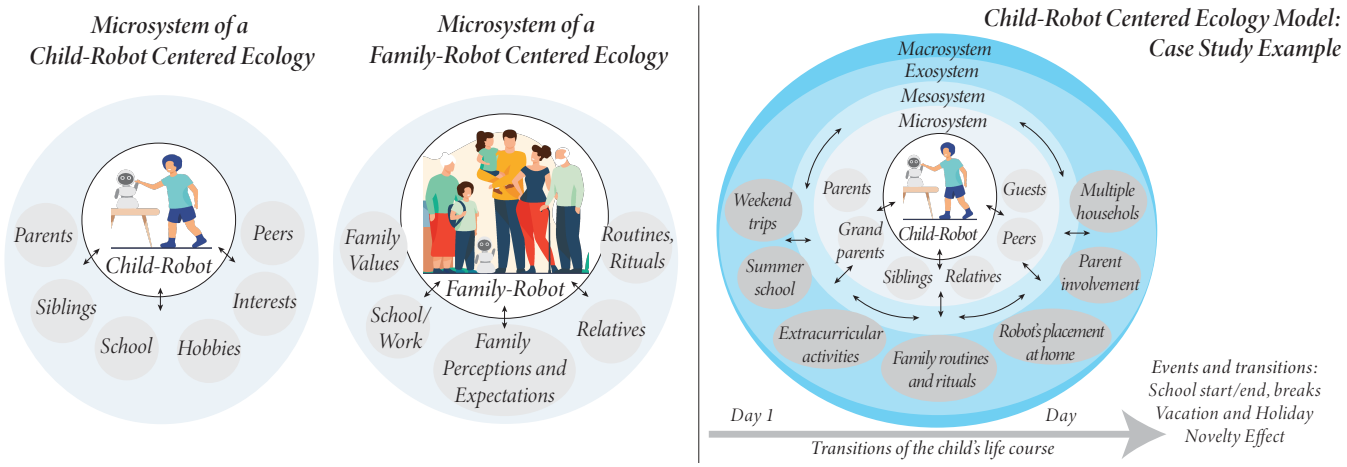

图 2：家庭生态模型应用示意图：**我们展示了以儿童-机器人和家庭-机器人为中心的生态系统中的微系统层级（左）。我们展示了第 3.1 节所述的以儿童-机器人为中心的生态系统示例（右）**

例如，机器人放在客厅里，而父母又制定了相关规则；如果电视在后台播放，这可能会让儿童更难与机器人互动，并引发儿童与父母之间的冲突。外系统涵盖间接影响儿童与机器人互动的环境因素，例如学校或课外活动、周末出游、家庭日常活动与传统、父母参与研究的程度，以及机器人在家庭中的摆放位置。此外，接触媒体中对机器人的描绘、社交机器人学的最新进展，或父母的关系状况等因素也属于外系统。例如，研究中的两位参与者拥有多个家庭住所，例如祖父母家或共同养育的家庭；在研究期间，儿童每周在不同家庭住所度过的时间各不相同。家庭结构的这一方面间接影响了儿童-机器人子系统，因为儿童必须将机器人带到不同的家庭住所，才能继续与它互动。随着时间推移，研究人员观察到这些儿童开始把机器人留在其中一处住所，并不愿意再把它带到另一处住所。研究未探究儿童产生这种行为的动机，但这个例子说明，影响儿童与机器人互动的不仅有家庭生态系统，也有家庭结构。宏系统层面的因素可能包括对机器人的文化态度和观念，而Cagiltay等人[16]的研究未在其范围内考察这些因素。儿童生命历程中的时间变化，例如生活事件、转变，以及机器人新奇效应随时间减弱，都是长期影响儿童对机器人参与度的因素。总体而言，这个案例表明，家庭是儿童-机器人生态系统不可或缺的一部分，无法与微系统分离，因此在机器人设计决策中必须予以考虑。家庭生态模型和家庭系统理论等家庭理论有助于识别并提醒人们关注可能影响儿童-机器人交互的因素，这些因素会影响机器人在家庭中的接纳、使用或弃用。

3.2 家庭中的家庭-机器人互动：家庭理论如何为研究设计提供参考？

在第二个案例示例中，我们将讨论家庭理论——家庭系统理论和家庭生态模型——如何在研究设计过程中发挥作用，为从以家庭-机器人为中心的视角探索机器人如何融入家庭住宅提供参考。我们特别关注完全自主的家庭内家庭-机器人互动情境（即多个家庭成员出于共同目的，与社交机器人进行互动），这一情境在儿童-机器人交互研究中并不常见。我们提出一项假设性研究设计，以把握为儿童及其家庭设计社交机器人交互的复杂性，并探讨家庭理论方法如何助力这一设计过程。

背景。设想以下情境：设计一款社交机器人，通过共同参与休闲活动（例如玩你画我猜或社交推理桌游），促进家庭联系与社会互动。本研究旨在探究家庭与这款机器人长期互动的变化。在此情境中，机器人的角色是积极参与游戏，并通过评论游戏、描述规则、开玩笑、促进对话、处理冲突等方式，增进家庭成员之间的联系。任何家庭成员都可以在自己方便的时间主动与机器人互动。这款机器人将在20户家庭住宅中部署，为期6个月；每户至少有一名8至16岁的儿童。收集的数据将包括互动日志、每月访谈和反馈问卷。以下列举了家庭理论——家庭系统理论（FST）和家庭生态模型（FEM）——为研究设计提供指导的几种具体方式：

3.2.1 以家庭为中心的研究设计，为家庭-机器人交互设计提供参考。以家庭为中心的研究设计能够为研究问题、数据收集指标以及样本选择提供参考。首先，FST 和 FEM 可用于构建研究问题，使其与家庭-机器人互动研究相关。例如，研究人员可以询问机器人如何融入家庭的日常惯例和活动、家庭成员与机器人之间的关系如何随时间演变，以及机器人的存在如何改变家庭互动的动态，例如由谁发起对话，以及家庭内部如何处理权威与优先级冲突。

进入家庭的日常惯例和活动，家庭成员与机器人之间的关系如何随时间演变，以及机器人的存在如何改变家庭互动的动态，例如由谁发起对话，以及家庭内部如何处理权威与优先级冲突。其次，FST 和 FEM 可用于确定数据收集过程中需要记录的家庭-机器人互动的关键方面，进而为理解家庭-机器人互动所需的指标提供参考。例如，FST 可为选择评估家庭沟通和关系质量的测量方法提供参考，而 FEM 则可为选择需要评估哪些家庭成员及周边因素的测量方法提供参考。机器人的互动日志可用于记录家庭与机器人互动的频率、家庭中哪些成员参与了互动，以及围绕机器人发生了哪些类型的家庭互动。可设计定性访谈方案，纳入有关不同家庭子系统对机器人的看法及其关系的问题。第三，FST 和 FEM 也可为研究的样本选择提供参考。例如，研究可能需要招募具有不同结构的家庭（如，[44] 双核心家庭、重组家庭、同居家庭、多代同堂家庭等），以探究机器人互动在不同类型的家庭结构中是否会被以不同方式感知，以及具体有何差异。

3.2.2 运用家庭理论解读以家庭为中心的研究发现。FST 和 FEM 可以为解读研究发现提供参考。例如，对于旨在促进家庭成员之间交谈与联系的机器人，*FST* 可以识别机器人与不同家庭子系统（如亲子关系、兄弟姐妹关系和夫妻关系）之间的关系，并帮助理解哪些家庭子系统更有可能主动与机器人交谈或回应机器人。如果研究发现表明家庭成员对机器人有不同的看法或期待，FST 可以帮助理解如何将这些看法纳入机器人的交互设计决策，同时考虑这些子系统。研究发现还可以通过 *FEM* 进行解读，以了解可能影响机器人采纳与使用的生态因素，例如：关注家庭-机器人系统及其直接环境的微系统因素；反映家庭系统之间互动，以及其价值观、信念、对机器人的看法和期待的中系统层面因素；反映家庭接触媒体对机器人的呈现情况的外系统层面因素；以及反映家庭社会经济地位、资源与支持的获取情况、政治立法、文化规范以及对机器人使用的期待的宏系统因素。结合研究发现，FEM 和 FST 有助于全面理解不同因素如何影响家庭在家庭住宅中采纳与使用机器人。

4 讨论

促成本研究提出这一问题的是：家庭理论，即家庭系统理论和家庭生态模型，如何为机器人融入家庭环境、以支持儿童-机器人交互和家庭-机器人交互提供指导？通过两项案例研究，我们展示了家庭系统理论和家庭生态模型如何为儿童-机器人交互及家庭-机器人交互研究中的设计决策提供指导。家庭系统理论有助于理解不同家庭成员如何影响家庭中与社交机器人的互动。家庭生态模型作为一种框架有助于理解不同生态因素如何影响家庭在家中与社交机器人的互动。家庭复杂多样，因此，未来的社交机器人学和儿童-机器人交互研究应采用以家庭为中心的方法，这一点十分重要。本节将讨论这些理论的优势与局限，随后提出在儿童-机器人交互研究中采用以家庭为中心的设计方法的建议。

4.1 家庭理论在儿童-机器人互动中的优势与局限

家庭理论——家庭系统理论（FST）和家庭生态模型（FEM）——使我们能够以儿童-机器人子系统和家庭-机器人子系统为中心。从这一中心出发，我们可以分析家庭系统周围的关系和行为，这些关系和行为会影响儿童-机器人子系统，或受到儿童-机器人子系统的影响。我们还可以理解那些延伸出儿童—机器人系统的关系，例如兄弟姐妹—机器人系统、父母—儿童—机器人系统，以及父母—兄弟姐妹—儿童—机器人系统。FST方法的一个局限是，它没有考虑互动的时间维度。例如，儿童生命历程中的事件和转变并未被视为FST的关键组成部分。不过，即便是在前文讨论的研究中相对较短的四周时间里，Cagiltay等人 [16], Michaelis等人 [41], 的研究发现，暑期学校、客人和亲属过夜探访，以及周末出行等事件，都是影响儿童-机器人子系统内部互动的因素。在社交机器人学研究中，新奇效应表明，人们对机器人的初始反应最为强烈，因此会对机器人形成过于正面或负面的看法，而这种看法会随时间推移而减弱。针对家庭开展的长期研究（六个月或更久）可能会受到时间因素的影响，例如新奇效应、事件以及儿童生活中的转变。由于FST无法捕捉互动的时间维度，我们在第一个案例研究中引入了布朗芬布伦纳的生物生态学理论 [10–12] 中的时间要素，以此弥补这一局限，并将其纳入我们的家庭生态模型。

这些理论模型的一大优势在于灵活性和适应性，可应用于儿童-机器人和家庭-机器人交互研究中的各种情境。这些情境包括在实验室或家庭环境中开展研究，也包括不同的文化背景、年龄群体以及多种家庭结构。这种适应性是一项优势，因为正如家庭形态各异，机器人也有多种外形和形式，具备不同的技术与社会可供性。然而，尽管机器人学领域近期取得了显著的技术进步，机器人在家庭住宅等动态现实环境中处理复杂信息仍面临技术挑战，这可能会影响机器人与人建立基本社会互动的能力。这些技术挑战在多方互动中尤为突出。例如，如今的商用社交机器人能够检测房间内的人数、与交谈对象进行目光接触，并理解基本的身体姿势和情绪表达。然而，一些社会层面更为复杂的功能仍面临尚待解决的挑战，例如理解人与人之间的关系程度及其动态变化，有效识别并回应人类情绪，准确检测和处理儿童或老年人的语音，以及与他们进行有意义且自然的对话。因此，还需要进一步

推进技术发展，使这些社交机器人能够在复杂的家庭环境中与人有效互动。FST 和 FEM 框架的灵活性为支持以家庭为中心的人机交互研究带来了显著优势。

4.2 儿童与机器人互动研究中以家庭为中心的设计建议

案例研究表明，在为家庭设计儿童-机器人交互时，很可能会有许多家庭成员参与其中并投入其中，而且生态因素不仅会从微系统层面影响交互，也会从中观、外观和宏观层面产生影响。捕捉这些多方面的因素有助于研究人员更好地理解机器人如何融入家庭。下文将讨论在采用以家庭为中心的方法设计家庭中的儿童-机器人交互时，运用家庭理论的重要建议。

4.2.1（*R1*）将关注点从儿童-机器人二元关系转向整个家庭。从家庭系统理论的视角来看，儿童和机器人周围的任何人都可能影响交互，或成为交互的一部分。在考察生态因素时，应根据机器人的交互设计所提供的可供性和目的，将儿童-机器人或家庭-机器人置于中心位置（如图2所示）。

以儿童-机器人为生态系统中心的设计假设儿童是与机器人互动的主要参与者，同时多个家庭成员仍可能与机器人互动，或出现在机器人周围（紧密关联），从而影响儿童-机器人交互。这种方法优先围绕儿童进行设计，但仍将家庭视为生态系统的一部分。

生态系统中心的家庭-机器人既支持二元交互，也支持多方互动，并允许群体构成动态变化。将家庭置于中心，意味着家庭成员既可以作为一个群体与机器人互动，也可以单独与机器人互动。这可能包括家庭中的儿童不参与的机器人交互。群体成员可以相互影响彼此与机器人的互动，而机器人则可以帮助促进成员之间的联系。这种方法将儿童和整个家庭作为一个整体进行设计。

4.2.2 (R2) 了解家庭对机器人的期望、顾虑和接受度：从以儿童为中心和以家庭为中心的视角出发。家庭系统理论有助于了解父母对社交机器人在家庭中的期望、顾虑和接受度 [40]。在以儿童为中心的生态系统中，虽然家庭成员会对机器人有自己的偏好，但主要应关注儿童的期望、顾虑和长期接受度。然而，在以家庭为中心的生态系统中，家庭住户的所有成员都会直接参与互动，因此他们对机器人的期望、顾虑和接受度会直接影响儿童和家庭与机器人的互动。与以儿童为中心的生态系统相比，在以家庭为中心的生态系统中，意见冲突以及对机器人的期望或顾虑发生变化，更有可能影响人与机器人的互动。

4.2.3 (R3) 将家庭生态模型用作研究设计的框架。我们展示了一个案例，说明家庭生态模型如何成为理解儿童-机器人交互数据的有用框架，并有助于塑造研究设计过程。主动为家庭-机器人交互准备假设性或有理论依据的生态模型，有助于确定需要哪些材料来测量微系统之外的环境因素（即中系统、外系统和宏系统因素）。应做好准备，以捕捉家庭的复杂多样性，以及影响其与机器人互动参与度的生态因素。R4 对这一设计建议作了进一步阐述。

4.2.4 (R4) 针对不同的家庭结构设计研究方案，并加以调整。研究中应体现家庭结构的多样性。正如我们在 R1 中所论述的，仅针对儿童进行设计是不够的；在为家庭量身打造社交机器人交互时，仅针对一种家庭结构进行设计同样不够。多样的家庭结构既包括核心家庭，也包括多家庭住宅、多代家庭；既包括单亲家庭，也包括双核心家庭 [44]。应提前制定调整方案，准备不同版本的研究方案，以适应家庭的多样性。例如，可制定交通方案：参与者可能需要频繁往返于不同的家庭住宅之间，或者无法将机器人带到另一个家庭中。设计研究方案时，应考虑有无障碍需求的家庭（例如有老年或残障家庭成员的家庭）。这种做法不是筛除特定的家庭结构，也不是对这些结构毫无准备，而是能够纳入多样化的家庭，从而更深入地了解家庭及其与机器人的交互。尽管这一设计启示可能难以落实，且高度依赖具体情境，但应用它有助于为技术设计带来独特而包容的理解。

4.2.5 (R5) 设计以家庭为中心的儿童-机器人交互时，应考虑时间变化、事件和转变。事件、转变和变化是儿童成长过程中不可避免的一部分。与学校、家庭、友谊、兴趣和成长相关的变化会随着时间发生，而这些变化可能因儿童的年龄、一年中的时节，以及儿童从环境（人、媒体等）中受到的影响类型而有所不同。从家庭系统理论的角度来看，一个家庭成员的任何变化都会在一定程度上影响其他家庭成员。因此，变化不仅会发生在儿童生活的某个孤立方面，对整个家庭而言也不可避免。时间变化（意料之外或意料之中、短期或长期）可能发生在家庭成员的就业或健康方面；也可能涉及与家庭相关的立法，例如税收、教育等；或家庭结构的变化（家庭成员的增加或离去）。从机器人设计者的角度来看，这些变化、事件和转变会影响家庭对机器人的参与度、与机器人互动的频率，或机器人进行社会干预的成效。因此，最好通过有针对性的定性研究方法或纳入研究设计实践的定量调查指标，尽可能捕捉这些时间维度。在分析中，捕捉生态系统中不断显现的时间因素，也有助于我们在考虑所有这些变化的基础上理解数据。如果设计得当，社交机器人未来的设计机会包括：在危机或变化时刻支持家庭、帮助家庭维持日常惯例与仪式，以及培养抵御变化的韧性。

5 结论

采用有理论依据的以家庭为中心的儿童-机器人交互设计方法，对于更好地理解机器人在家庭中的长期参与度和接受度至关重要。为展示此类方法的复杂性和重要性，我们介绍了两个案例研究，说明家庭系统理论和家庭生态模型为何与儿童-机器人交互设计相关，以及如何应用于其中。我们认为，家庭理论有助于分析和研究设计过程。最后，我们讨论了采用家庭理论视角的益处与局限，并为儿童-机器人交互研究人员提出了设计建议。总的来说，家庭理论可以作为有用的框架，帮助理解和分析家庭情境中人机交互的复杂动态，并为机器人如何融入家庭住宅、以支持家庭和儿童与机器人的互动提供参考。

致谢

本研究部分经费由美国国家科学基金会第2202802号资助提供。

6 儿童的选择与参与

本研究未涉及儿童参与。本研究探讨了家庭系统和家庭生态学方法的理论框架。分析中纳入的案例研究反思了儿童-机器人交互领域先前发表的文章中的数据 [16], , 这些文章包含了有关儿童选择和参与情况的详细信息。

参考文献

[1] Veronica Ahumada-Newhart 和 Jacquelynne S Eccles。2020年。一种评估儿童通过机器人媒介获得的临场感水平的理论与定性方法。*Technology, Mind, and Behavior* 1, 1（2020年）。[2] Veronica Ahumada-Newhart 和 Judith S Olson。2019年。通过机器人上学：值得关注的机器人和用户界面设计特征。*ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)* 26, 4（2019年），1–28。[3] Patrícia Alves-Oliveira、Patrícia Arriaga、Guy Hoffman 和 Ana Paiva。2016年。通过与社交机器人的创造性交互激发儿童的创造力。载于*2016*年 第*11*届 *ACM/IEEE* 人机交互国际会议（*HRI*）。IEEE，591–592。[4] Patrícia Alves-Oliveira、Elin A Björling、Patriya Wiesmann、Heba Dwikat、Simran Bhatia、Kai Mihata 和 Maya Cakmak。2022年。用于建立联系的机器人：一项与青少年开展的协同设计研究。载于*2022*年 第*31*届 *IEEE* 机器人与人类交互通信国际会议（*RO-MAN*）。IEEE，578–583。[5] Mary P Andrews、Margaret M Bubolz 和 Beatrice Paolucci。1981年。一种研究家庭的生态学方法。*Marriage & Family Review* 3, 1-2（1981年），29–49。[6] Tony Belpaeme、Paul Baxter、Robin Read、Rachel Wood、Heriberto Cuayáhuitl、Bernd Kiefer、Stefania Racioppa、Ivana Kruijff-Korbayová、Georgios Athanasopou- los、Valentin Enescu 等。2012年。多模态儿童-机器人交互：建立社会纽带。*Journal of Human-Robot Interaction* 1, 2（2012年）。[7] Tony Belpaeme、James Kennedy、Aditi Ramachandran、Brian Scassellati 和 Fumihide Tanaka。2018年 3, 21 2018年 5954。用于教育的社交机器人：一项综述。*Science robotics* （），eaat。[8] Erin Beneteau、Ashley Boone、Yuxing Wu、Julie A Kientz、Jason Yip 和 Alexis Hiniker。2020年。与 Alexa 一起养育子女：探索智能音箱的引入对家庭动态的影响。载于*2020*年 *CHI*计算系统中的人为因素会议论文集。1–13。[9] Murray Bowen。1966年。家庭理论在临床实践中的应用。*Comprehensive psychiatry* 7, 5（1966年），345–374。[10] Urie Bronfenbrenner。1979年。人类发展的生态学：自然与设计的实验。哈佛大学出版社。[11] Urie Bronfenbrenner 和 Pamela A Morris。1998年。发展过程生态学。（1998年）。[12] Urie Bronfenbrenner 和 Pamela A Morris。2007年。人类发展的生物生态模型。《儿童心理学手册》1（2007年）。[13] John-John Cabibihan、Hifza Javed、Marcelo Ang 和 Sharifah Mariam Aljunied。2013年。为什么需要机器人？关于社交机器人在自闭症儿童治疗中的作用与益处的调查。《国际社交机器人学杂志》5, 4（2013年），593–618。[14] Bengisu Cagiltay、Hui-Ru Ho、Joseph E. Michaelis 和 Bilge Mutlu。2020年。探究家庭对家用机器人的认知与设计偏好。载于《交互设计与儿童会议论文集》。229–242。[15] Bengisu Cagiltay、Joseph Michaelis、Sarah Sebo 和 Bilge Mutlu。2022年。探索儿童照料社交机器人的偏好。载于《交互设计与儿童会议论文集》。美国计算机协会，382–388。https://doi.org/10.1145/3501712.3529721 [16] Bengisu Cagiltay、Nathan Thomas White、Rabia Ibtasar、Bilge Mutlu 和 Joseph Michaelis。2022 年。了解影响儿童长期参与家用学习陪伴机器人的因素。载于《交互设计与儿童会议论文集》（葡萄牙布拉加）（IDC '22）。美国计算机协会，362 373 10 1145 3501712 3529747 –。[17] 2015 https://doi.org/。/。Wan-Ling Chang 和 Selma Šabanović。 。互动拓展功能：养老院中治疗机器人 PARO 的社会塑造。载于《第十届 ACM/IEEE 人机交互国际会议论文集》。343–350。[18] Peter Knøsgaard Christensen、Christoffer Øland Skovgaard 和 Marianne Graves Petersen。2019年。一起共处：结合共同活动与独立活动，为家庭生活设计技术。载于《第18届 ACM 交互设计与儿童国际会议论文集》。374–385。[19] Martha J Cox。2010年。家庭系统与兄弟姐妹关系。《儿童发展观点》4, 2（2010年），95–96。[20] Martha J Cox 和 Blair Paley。1997年。家庭作为系统。《心理学年度评论》48, 1（1997年），243–267。[21] Thomas Dalsgaard、Mikael B Skov、Malthe Stougaard 和 Bo Thomassen。2006年。家庭中的媒介化亲密关系：理解儿童与父母之间的关系。载于《2006年交互设计与儿童会议论文集》。145–152。[22] Kerstin Dautenhahn、Sarah Woods、Christina Kaouri、Michael L Walters、Kheng Lee Koay 和 Iain Werry。2005年。什么是机器人伴侣——朋友、助手还是管家？载于《2005年 IEEE/RSJ 智能机器人与系统国际会议》。IEEE，1192–1197。[23] Kirsten K Davison、Janine M Jurkowski 和 Hal A Lawson。2013年。运用家庭生态模型重新构建以家庭为中心的肥胖预防。《公共卫生营养》16, 10（2013年），1861–1869。[24] Maartje MA de Graaf、Somaya Ben Allouch 和 Jan AGM van Dijk。2016年。对真实家庭中社交机器人的长期评估。《与计算机交互》17, 3（2016年），462–491。[25] Maartje Margaretha Allegonda de Graaf。2015年。与机器人共同生活：探究用户对家庭环境中社交机器人的接受度。（2015年）。[26] Boris De Ruyter、Privender Saini、Panos Markopoulos 和 Albert Van Breemen。2005年。评估在家用机器人界面中构建社交智能的效果。《与计算机交互》17, 5（2005年），522–541。[27] Julia Fink、Séverin Lemaignan、Pierre Dillenbourg、Philippe Rétornaz、Florian Vaussard、Alain Berthoud、Francesco Mondada、Florian Wille 和 Karmen Franinović。2014年。哪种机器人行为能激励儿童收拾玩具？“Ranger”的设计与评估。载于《2014年 ACM/IEEE 人机交互国际会议论文集》。439–446。[28] Jodi Forlizzi。2013年。产品服务生态：在设计中采用系统方法。（2013年）。[29] Jodi Forlizzi 和 Carl DiSalvo。2006年。家庭环境中的服务机器人：对家庭中的 Roomba 吸尘器进行研究。载于《第1届 ACM SIGCHI/SIGART 人机交互会议论文集》。258–265。[30] Jodi Forlizzi、Carl DiSalvo 和 Francine Gemperle。2004年。辅助机器人技术与居家独立生活的老年人生态系统。《人机交互》19, 1-2（2004年），25–59。[31] Jeong-Hye Han、Mi-Heon Jo、Vicki Jones 和 Jun-H Jo。家用机器人在儿童教育用途方面的比较研究。《信息处理系统期刊》4, 4（2008年），159–168。[32] Lynn C Hartle。2019年。技术与幼儿：过程、情境、研究与实践。载于《幼儿教育中的 STEM》。劳特里奇出版社，22–45。[33] Hui-Ru Ho、Bengisu Cagiltay、Nathan Thomas White、Edward M Hubbard 和 Bilge Mutlu。2021年。RoboMath：设计学习陪伴机器人以支持儿童的数值技能。载于《交互设计与儿童会议论文集》。283–293。[34] Hilary Hutchinson、Wendy Mackay、Bo Westerlund、Benjamin B Bederson、Allison Druin、Catherine Plaisant、Michel Beaudouin-Lafon、Stéphane Conversy、Helen Evans、Heiko Hansen 等。2003年。技术探针：激发为家庭及与家庭共同开展的设计。载于《SIGCHI 计算系统中的人为因素会议论文集》。17–24。[35] Katherine Isbister、Peter Cottrell、Alessia Cecchet、Ella Dagan、Nikki Theofanopoulou、Ferran Altarriba Bertran、Aaron J Horowitz、Nick Mead、Joel B Schwartz 和 Petr Slovak。2022年。设计（并未）在翻译中失落：一项关于用于情绪调节的亲密空间社交辅助“机器人”的案例研究

（续）《ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)》29, 4（2022年），1–36。[36] Sara Isola 和 Jerry Alan Fails。2012年。IDC 和 CHI 社群中的家庭与设计。载于《第*11*届国际儿童交互设计会议论文集》。40–49。[37] Sooyeon Jeong、Deirdre E Logan、Matthew S Goodwin、Suzanne Graca、Brianna O'Connell、Honey Goodenough、Laurel Anderson、Nicole Stenquist、Katie Fitzpatrick、Miriam Zisook 等。2015年。一种用于缓解医院儿科护理中压力、焦虑和疼痛的社交机器人。载于《第十届 *ACM/IEEE* 人机交互国际会议扩展摘要论文集》。103–104。[38] SunKyoung Kim、Masakazu Hirokawa、Atsushi Funahashi 和 Kenji Suzuki。2022年。我们可以用机器人做些什么来共度家庭游戏时间？载于《*2022*年第*17*届 *ACM/IEEE* 人机交互国际会议（*HRI*）》。IEEE，847–849。[39] Christine P Lee、Bengisu Cagiltay 和 Bilge Mutlu。2022年。开箱体验：探索并设计儿童与社交机器人之间的初始互动。载于《*CHI*计算系统中的人为因素会议》。1–14。[40] Chaolan Lin、Karl F MacDorman、Selma Šabanović、Andrew D Miller 和 Erin Brady。2020年。父母对儿童故事讲述机器人的期望、顾虑与接受度。载于《*2020*年 *ACM/IEEE* 人机交互国际会议伴随论文集》。346–348。[41] Joseph E. Michaelis、Bengisu Cagiltay、Rabia Ibtasar 和 Bilge Mutlu。2023年。"不按脚本"：从真实环境中的长期社交机器人互动中涌现的设计机会。载于《*2023*年 *ACM/IEEE* 人机交互国际会议论文集》（瑞典斯德哥尔摩）（*HRI '23*）。美国计算机协会，美国纽约州纽约市，378–387。https://doi.org/10 1145 3568162 3576978 。/。Joseph E Michaelis 和 Bilge Mutlu。[42] 2018年。社交化阅读：借助学习陪伴机器人改变家庭阅读体验。*Science Robotics* 3, 21（2018年），eaat5999。[43] Joseph E Michaelis 和 Bilge Mutlu。2019年。利用社交机器人支持科学学习兴趣。载于第*18*届 *ACM* 交互设计与儿童国际会议论文集。71–82。[44] Kay Pasley 和 Raymond E Petren。2016年。家庭结构。《家庭研究百科全书》（2016年），1–4。[45] Jochen Peter、Rinaldo Kühne 和 Alex Barco。2021年。社交机器人能否影响儿童的亲社会行为？一项关于亲社会机器人模型的实验研究。《计算机与人类行为》120（2021年），106712。[46] ReportLinker。2022年。家用机器人市场——增长趋势、新冠肺炎的影响及预测（2022—2027年）。https://www.globenewswire.com/news-release/2022/03/02/2395266/0/en/Household-Robots-Market-Growth-Trends-COVID-19-Impact-and-Forecasts-2022-2027.html [47] Brian Scassellati、Laura Boccanfuso、Chien-Ming Huang、Marilena Mademtzi、Meiying Qin、Nicole Salomons、Pamela Ventola 和 Frederick Shic。2018年。使用长期家庭社交机器人提升自闭症谱系障碍儿童的社交技能。*Science Robotics* 3，21（2018年），eaat7544。[48] Petr Slovák、Nikki Theofanopoulou、Alessia Cecchet、Peter Cottrell、Ferran Altarriba Bertran、Ella Dagan、Julian Childs 和 Katherine Isbister。2018年。"我就让他哭……"：设计家庭中的社会技术干预以预防心理健康障碍。《*ACM*人机交互论文集》2，计算机支持的协同工作（2018年），1–34。[49] Matthijs Smakman、Paul Vogt 和 Elly A Konijn。2021年。教育中的社交机器人之道德考量：多利益相关方视角。《计算机与教育》174（2021年），104317。[50] JaYoung Sung、Rebecca E Grinter 和 Henrik I Christensen。2010年。家庭机器人生态。《国际社交机器人学杂志》2，4（2010年），417–429。[51] Jason C Yip、Tamara Clegg、June Ahn、Judith Odili Uchidiuno、Elizabeth Bonsignore、Austin Beck、Daniel Pauw 和 Kelly Mills。2016年。亲子协同设计过程中参与度与社会纽带的演变。载于*2016*年 *CHI*计算系统中的人为因素会议论文集。3607–3619。