

МЕТОДЫ И АРХИТЕКТУРА СЕМАНТИЧЕСКИХ КОММУНИКАЦИЙ В ИИ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СЕТЯХ

Хайдаралиева Хилола Фарход кизи

ассистент преподаватель Ташкентского университета

Мухаммада Ал-Хоразмий

hilolahaydaraliyeva@gmail.ru

Эргашова Дурдона Хусниддин кизи

студент 3 курса Ташкентский университет информационных технологий

имени Мухаммада Ал-Хоразмий

durdonaergasheva676@gmail.com

Аннотация: Традиционные телекоммуникационные системы фокусируются на точной передаче битов, игнорируя смысл передаваемых данных. Семантические коммуникации (Semantic Communications) представляют собой новый подход, при котором целью передачи становится не битовая точность, а понимание и интерпретация смысла информации. В данной работе рассматриваются принципы построения семантических сетей в ИИ-ориентированной телекоммуникационной архитектуре, анализируются преимущества по сравнению с классическими протоколами, описываются вызовы, связанные с интерпретируемостью, синхронизацией знаний, и доверительным взаимодействием. Представлены базовые архитектурные подходы и обозначены перспективные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: Семантические коммуникации, 6G, ИИ, смысловая передача, нейросетевой кодек, трансформеры, semantic fidelity, интеллектуальные сети

Введение

Современные сети передачи данных, включая 5G и будущие 6G, обеспечивают высокую пропускную способность и низкие задержки, но остаются ограниченными в своей способности интерпретировать смысл передаваемых сообщений. Это особенно критично в условиях растущего объема неструктурированных данных, взаимодействия человек-машина и массового внедрения ИИ-приложений в сети.

Семантические коммуникации — это парадигма, в которой целью передачи является точное восстановление смысла, а не байт-в-бит копия оригинального сообщения. Подход предполагает совместную обработку данных и смысла на стороне передатчика и приёмника, что открывает путь к сокращению избыточности, уменьшению трафика, и ускорению принятия решений.

Методология

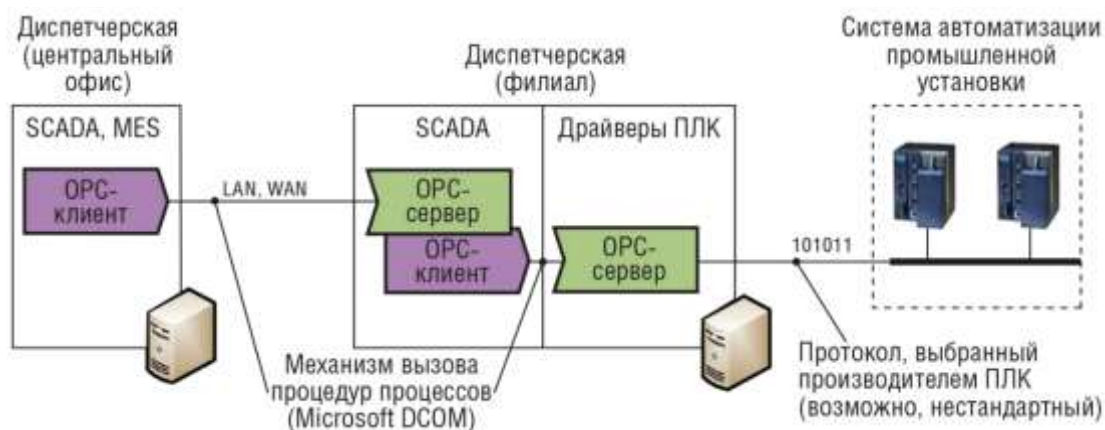
В работе используется:

- Обзор научной литературы по семантической теории информации (Shannon-Weaver, Carnap, Bar-Hillel), а также работ в области ИИ и коммуникаций последних лет;
- Анализ архитектур семантической передачи, основанных на глубоких нейросетях, обучении с подкреплением и моделях трансформеров;
- Моделирование сценариев взаимодействия «машина-машина» и «человек-ИИ» в условиях ограниченного канала;
- Сравнительная таблица эффективности семантической и традиционной передачи в терминах Semantic Fidelity, Bandwidth Reduction, Energy Efficiency.

Результаты

Архитектура семантической передачи

Семантическая архитектура связи в ИИ-ориентированных сетях базируется на принципиально новом подходе: **цель передачи — не битовая точность, а восстановление смысла, релевантного конечной задаче.**



В отличие от классических коммуникационных моделей, основанных на теории информации Шеннона, семантическая архитектура включает **когнитивный уровень**, встраивая в коммуникационный процесс модели машинного обучения и искусственного интеллекта.

Основные компоненты:

- Семантический кодировщик (Semantic Encoder): извлекает смысл из исходного сообщения с помощью ИИ-моделей (BERT, GPT, Vision Transformers).
- Канал передачи: передаёт не полный объём, а компрессированное представление смысла.
- Семантический декодер: восстанавливает значимое сообщение в форме, адаптированной под задачу.

Применения



- Автономные транспортные системы: обмен смысловыми сообщениями между автомобилями без избыточной передачи видеоданных.
- Индустрия 5.0: сокращение задержек в принятии решений ИИ на производстве.
- Интерактивные интерфейсы ИИ: чат-боты, цифровые помощники, голосовые агенты, работающие с сокращёнными смысловыми сигналами.

Обсуждение

Несмотря на значительные преимущества, семантическая передача сталкивается с рядом вызовов:

- Различие знаний между отправителем и получателем (semantic gap): система должна быть синхронизирована по общему понятийному пространству.
- Обратимая декодировка: восстановление смысла может отличаться в зависимости от модели, что затрудняет верификацию.
- Конфиденциальность и безопасность: смысловые данные сложно шифровать классическими методами, так как они уже являются результатом ИИ-преобразований.
- Оценка качества: необходимо вводить новые метрики — например, Semantic Similarity Score вместо стандартного BER (Bit Error Rate).

Заключение

Семантические коммуникации являются следующим этапом в развитии интеллектуальных сетей связи и ИИ-систем. Они позволяют сократить объёмы передаваемых данных, повысить устойчивость к ошибкам и улучшить взаимодействие в сценариях «машина-машина» и «человек-ИИ». Однако для их полноценного внедрения необходимы:

- стандартизация моделей семантического кодирования;
- разработка новых протоколов передачи;
- обеспечение доверительной и интерпретируемой работы систем.

Будущие сети 6G могут стать первой технологической платформой, в которую семантические коммуникации будут встроены на уровне архитектуры и протоколов.

Список литературы

1. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. – 1948. – Т. 27. – С. 379–423.
2. Carnap R., Bar-Hillel Y. An Outline of a Theory of Semantic Information // Technical Report. – Research Laboratory of Electronics, MIT. – 1952. – 43 с.
3. Xie H., Liang F., Wang J. et al. Deep Learning Enabled Semantic Communication Systems // IEEE Transactions on Signal Processing. – 2021. – Т. 69. – С. 2663–2675.





4. Bourtsoulatze E., Kurka D. B., Petersen K. N. Deep Learning for Semantic Communications: Fundamentals and Challenges // IEEE Communications Magazine. – 2022. – T. 60, №9. – C. 106–112.
5. Lan T., Xu W., Shi Y. Semantic Communications for Future AI-Driven Networks: A Tutorial and Survey // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2023. – T. 41, №1. – C. 5–25.
6. Popovski P., Simeone O., Fountoulakis M. Semantic Effectiveness for Communications: Measures, Metrics, and Tradeoffs // arXiv preprint arXiv:2203.03445. – 2022. – 19 c.
7. Strinati E. C., Barbarossa S., Sardellitti S. et al. Wireless Semantic and Goal-Oriented Communications for 6G // Computer Networks. – 2021. – T. 190. – C. 107930.

