**[LTE](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced%22%20%5Co%20%22LTE%20Advanced)** ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *Long-Term Evolution*, букв. «долговременное развитие», часто обозначается как [4G](https://ru.wikipedia.org/wiki/4G) LTE) — стандарт [беспроводной высокоскоростной передачи данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8) для [мобильных телефонов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%84%D0%BE%D0%BD) и других терминалов, работающих с данными. Он основан на сетевых технологиях [GSM](https://ru.wikipedia.org/wiki/GSM)/[EDGE](https://ru.wikipedia.org/wiki/EDGE) и [UMTS](https://ru.wikipedia.org/wiki/UMTS)/[HSPA](https://ru.wikipedia.org/wiki/HSPA), увеличивая [пропускную способность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) и скорость за счёт использования другого радиоинтерфейса вместе с улучшением ядра сети[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE#cite_note-1)[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE#cite_note-2). Стандарт был разработан [3GPP](https://ru.wikipedia.org/wiki/3GPP) (консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии) и определён в серии документов Release 8, с незначительными улучшениями, описанными в Release 9. Внедрение стандарта началось с конца [2009 года](https://ru.wikipedia.org/wiki/2009_%D0%B3%D0%BE%D0%B4).

LTE является естественным обновлением как для [операторов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D1%81%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8) с сетью [GSM](https://ru.wikipedia.org/wiki/GSM)/[UMTS](https://ru.wikipedia.org/wiki/UMTS), так и для операторов с сетью [CDMA2000](https://ru.wikipedia.org/wiki/CDMA2000). В разных странах используются различные частоты и полосы для LTE, что делает возможным подключать к LTE-сетям по всему миру только многодиапазонные телефоны.

Хотя маркировка «4G» используется сотовыми операторами и производителями телефонов, LTE (как указано в серии документов консорциума 3GPP Release 8 и Release 9) не удовлетворяет техническим требованиям, которые консорциум 3GPP принял для нового поколения сотовой связи, а также требованиям, которые были первоначально установлены [Международным союзом электросвязи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D1%8E%D0%B7_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8) (в спецификации [IMT Advanced](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=IMT_Advanced&action=edit&redlink=1)[[en]](https://en.wikipedia.org/wiki/IMT_Advanced)).

Целью LTE, как развития стандартов GSM/UMTS, было увеличение [пропускной способности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) и скорости с использованием нового метода [цифровой обработки сигналов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2) и модуляции, которые были разработаны на рубеже тысячелетий. Ещё одной целью было реконструировать и упростить архитектуру сетей, основанных на IP, значительно уменьшив задержки при передаче данных, по сравнению с архитектурой [3G](https://ru.wikipedia.org/wiki/3G)-сетей.
Беспроводной интерфейс LTE является [несовместимым](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B2%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%28%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) с 2G и 3G по сигналам и протоколам.

Спецификация LTE позволяет обеспечить скорость загрузки до 3 [Гбит/с](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B1%D0%B8%D1%82/%D1%81), а задержка в передаче данных может быть снижена до 2 миллисекунд. LTE поддерживает полосы пропускания частот от 1,4 [МГц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%93%D1%86) до 20 МГц и поддерживает как частотное разделение каналов ([Дуплексный канал с частотным разделением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB_%D1%81_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC), FDD), так и временное разделение ([Дуплексный канал с временным разделением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB_%D1%81_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC), TDD).

Особенности технологии[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=LTE&veaction=edit&section=2) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=LTE&action=edit&section=2)]

*См. также:*[*System Architecture Evolution*](https://ru.wikipedia.org/wiki/System_Architecture_Evolution)

Радиус действия [базовой станции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) LTE зависит от мощности излучения и теоретически не ограничен, а максимальная скорость передачи данных зависит от [радиочастоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D1%8B) и удалённости от базовой станции. Теоретический предел для скорости в 1 Мбит/сек — от 3,2 км (2600 МГц) до 19,7 км (450 МГц), базовые станции диапазона 800 МГц способны обеспечить такую скорость на расстоянии до 13,4 км[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE#cite_note-3). Диапазон 1800 МГц — наиболее используемый в мире, он сочетает в себе высокую ёмкость и относительно большой радиус действия (6,8 км).

Большинство операторов работает в диапазонах 2600 МГц, 1800 МГц и 800 МГц (стандарт LTE-FDD). В ноябре 2015 года [Международный союз электросвязи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D1%8E%D0%B7_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8) рекомендовал в Европе, Африке, на Ближнем Востоке и в Центральной Азии строить LTE-сети в диапазоне 694—790 МГц (эти частоты в ряде стран, в частности, в России были на то время заняты [аналоговым телевещанием](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5))[[4]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE#cite_note-lte-2015-ved-4).

Большая часть стандарта LTE рассматривает модернизацию 3G UMTS на то, что в конечном итоге будет технологией 4G. Большая часть работы направлена на упрощение архитектуры системы: она переходит из существующих UMTS цепи + [коммутации пакетов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%81_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D1%83%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2) объединённой сети к единой IP-инфраструктуре (all-IP). [E-UTRA](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=E-UTRA&action=edit&redlink=1)[[en]](https://en.wikipedia.org/wiki/E-UTRA) является беспроводным интерфейсом LTE. Его основные особенности:

* максимальная скорость загрузки из Сети до 299,6 Мбит/с и максимальная скорость загрузки в Сеть от абонента до 75,4 Мбит/с в зависимости от категории оборудования пользователя (антенна 4×4 с использованием спектра 20 МГц).
* низкая задержка при передаче данных (5 мс задержка для маленьких IP-пакетов в оптимальных условиях), более низкая задержка при установке соединения.
* улучшена поддержка мобильности, в качестве примера — терминал, движущийся со скоростью 350 км/ч или 500 км/ч в зависимости от диапазона частот.
* [OFDMA](https://ru.wikipedia.org/wiki/OFDMA) для нисходящей линии связи, [SC-FDMA](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=SC-FDMA&action=edit&redlink=1)[[en]](https://en.wikipedia.org/wiki/SC-FDMA) для восходящей линии связи с целью экономии энергии.
* поддержка и FDD и TDD систем связи, а также полудуплексной FDD с одной и той же технологией радиодоступа.
* повышение гибкости. Спектр: 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц и 20 МГц для ширины соты стандартизированы.
* поддержка размеров соты от нескольких десятков метров ([фемто](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D0%BC%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%82%D0%B0)- и [пикосоты](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%82%D1%8B&action=edit&redlink=1)) до 100 км. В нижних частотных диапазонах, которые будут использоваться в сельских районах, 5 км является оптимальным размером соты. В городе и в районах плотной заселённости более высокие частотные диапазоны (например, 2,6 ГГц в [ЕС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D1%8E%D0%B7)) используются для поддержки высокоскоростной мобильной широкополосной связи, в этом случае размер соты может быть 1 км или даже меньше;
* поддержка как минимум 200 активных клиентов в каждой соте 5 МГц;
* поддержка сосуществования со старыми стандартами (например, GSM/EDGE, UMTS и CDMA2000). Пользователи могут начать вызов или передачу данных в области с наличием LTE и, покинув область покрытия, продолжить работу без каких-либо специальных действий с их стороны в сетях GSM/GPRS;
* радиоинтерфейс коммутации пакетов.

Голосовые вызовы[[править](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=LTE&veaction=edit&section=3) | [править код](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=LTE&action=edit&section=3)]

Стандарт LTE поддерживает только [коммутацию пакетов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D1%83%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2) со своей сетью all-IP. Голосовые вызовы в GSM, UMTS и CDMA2000 являются [коммутацией каналов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%81_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BC%D1%83%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2), поэтому с переходом на LTE операторы должны реорганизовать свою сеть голосовых вызовов[[5]](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE#cite_note-5).

Имеются три различных подхода:

**Голос по LTE (VoLTE)**

Технология [VoLTE](https://ru.wikipedia.org/wiki/VoLTE) дает возможность передавать голосовые вызовы в сети LTE. VoLTE позволяет не производить переключения из сети LTE в сети предыдущего поколения, что ускоряет процесс осуществления голосового вызова.

**Circuit-switched fallback (CSFB)**

При таком подходе LTE обеспечивает только услуги передачи данных, поэтому, когда требуется принять или совершить голосовой вызов, терминал просто возвращается к сети с коммутацией каналов (например, GSM или UMTS). При использовании этого решения операторам просто нужно обновить MSC вместо развертывания IMS, поэтому можно быстро начать предоставлять услуги. Однако недостатком является большая задержка при установке вызова.

**Одновременная передача голоса и LTE (Simultaneous Voice and LTE, SVLTE)**

При таком подходе терминал работает одновременно в LTE и с коммутацией каналов, в режиме LTE предоставляются услуги передачи данных и в режиме с коммутацией каналов обеспечиваются голосовые услуги. Это решение основано исключительно на требованиях к мобильному телефону и не имеет специальных требований к сети. Недостатком такого решения является то, что такой телефон может стать дорогим и иметь высокое энергопотребление.