



Федюшин О. І.,
Баленко О. І.

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ЦЕНТРУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИКЛИКІВ З СИСТЕМОЮ ІНТЕРАКТИВНОЇ ГОЛОСОВОЇ ВІДПОВІДІ

Для кількісної оцінки переваги Call-центру, що працює з IVR, розроблена імітаційна модель у системі GPSS. Програма реалізована у вигляді двофазної моделі системи масового обслуговування (СМО). Модель на відміну від аналогів дозволяє одержати залежності числа обслужених викликів і відсоток загублених викликів від кількості операторів. Досліджений вплив числа викликів, що покинули Call-центр після прослуховування відповіді IVR, на показники якості обслуговування.

Ключові слова: центр обслуговування викликів, IVR система, імітаційна модель, GPSS World.

1. Вступ

Сьогодні суттєво підвищуються вимоги в частині обслуговування потоків вхідних викликів і вдосконалення алгоритмів розподілу викликів. Прикладне програмне забезпечення (ПЗ) Call-центру повинно мати можливість гнучко управляти довжиною черг, залежно від різних критеріїв, перенаправляючи виклики, що надходять, в ту або іншу чергу, або переадресуючи їх на автоінформаційний сервер. Повинен забезпечуватися динамічний аналіз довжини черг і відповідна індикація керуючому персоналу Call-центру [1–3].

Обов'язковим атрибутом будь-якого сучасного Call-центру є й потужна підсистема інтерактивної голосової відповіді (Interactive Voice Response – IVR), що забезпечує можливість організації діалогу з користувачами, видачі їм необхідної інформації та при необхідності одержання інформації від користувачів без участі оператора. Тут майбутнє, безумовно, за технологіями синтезу й розпізнавання мови, підтримка яких скоро буде обов'язковою функціональною можливістю будь-якої серйозної системи IVR.

При плануванні й розробці нових Call-центрів важко заздалегідь точно спрогнозувати навантаження, що поступає, час обслуговування й інші важливі параметри. Адже вдалий вибір моделі залежить у першу чергу від обсягу й різноманітності зібраних у процесі експлуатації даних, їхнього аналізу й обробки. При цьому дуже важливо, щоб статистика, що відображає всю послідовність функціонування Call-центрів, була повною й детальною. Це дозволяє ефективно й точно розрахувати функціональні параметри Call-центрів, а також вчасно внести необхідні зміни в його роботу. Нестача таких даних дозволяє робити лише приблизні оцінки багатьох важливих характеристик якості обслуговування, що, до речі, характерно для проектування більшості українських Call-центрів, коли беруться за основу дані розрахунків по простих моделях типу $M/M/N$, $M/M/N/N$, $M/M/N/V$ [1, 2].

Імітаційна модель дозволяє відтворити весь процес функціонування Call-центру зі збереженням логічної структури, зв'язків між його компонентами й послідовність протікання їх у часі.

При імітаційному моделюванні на комп'ютері імітується робота Call-центру. Математична модель при цьому реалізується у вигляді програми для комп'ютера. У результаті експериментів на комп'ютері збирається статистика, обробляється й видається необхідна інформація. Таким чином, можна одержати характеристики Call-центру, досліджувати фактори, що впливають на них.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Call-центри являють собою організаційно-технічний комплекс, призначений для приймання й обробки великих потоків телефонних викликів клієнтів за допомогою операторів. (Однак Call-центр – це не тільки велике приміщення, де перебувають безліч операторів, що обслуговують вхідні й вихідні виклики. Call-центром є й кілька робочих місць у відділі маркетингу або продажів, куди надходять дзвінки від клієнтів, і робочі місця у відділі технічної підтримки фірми й ін.). Головним же завданням такого центру є забезпечення взаємодії із клієнтами в тому обсязі, у якому це необхідно компанії, щоб ефективно працювати й діставати більший прибуток. Основна проблема – збільшення навантаження (кількості викликів) та відповідне збільшення статистики обробки даних, з одного боку, з іншого перехід на пакетне обслуговування викликів, який потребує нового обладнання. Дослідити роботу центру в таких умовах є досить актуальним. І найбільш ефективним інструментом є імітаційне моделювання [4–6].

Імітаційне моделювання являє собою процес побудови узагальненої комп'ютерної моделі системи з алгоритмічним описом основних правил її поведінки та процесів. Її можна розглядати як множину правил, що визначають процес функціонування деякої системи та її переходів з одного часового стану в інший. Ці правила можуть визначатись будь-яким доступним для комп'ютера способом – у вигляді блок-схем, диференціальних рівнянь, діаграм станів, автоматів, мереж. Імітаційні моделі, як правило, менш формалізовані, ніж аналітичні, система може бути описана «як вона є», у термінах максимально наближених до реальних. На даний момент у імітаційному моделюванні склалися

три самостійні парадигми [4, 6] — системна динаміка, подійно-дискретне та агентне моделювання. Вони відповідають різним рівням абстракції при створенні моделі, що визначає можливість використання того чи іншого підходу. Розрізняють наступні рівні абстракції: високий (стратегічний), середній (тактичний) і низький (оперативний). На низькому рівні моделюється поведінка окремих об'єктів, але на відміну від фізичного моделювання використовуються не точні траєкторії та час, а їх середні або стохастичні значення. На цьому рівні прийнято вирішувати задачі, пов'язані з транспортом, комп'ютерними, телекомунікаційними системами. На середньому рівні абстракції оперують з поняття розкладу, затримками, потужностями, ємностями. Тут абстрагуються від індивідуальних властивостей об'єктів моделювання (людей, машин і т. п.), і в основному розглядають їх як потоки. Характерними задачами цього рівня є системи масового обслуговування, моделі бізнес-процесів, логістика. При високому рівні абстракції в моделі, як правило, відсутні індивідуальні об'єкти самі по собі, а оперують лише з їх кількісними або агрегованими показниками. На даному рівні моделюються проблеми ринкової рівноваги, соціально-економічного розвитку, екологічні процеси. Звідси парадигма системної динаміки, яка належить високому рівню абстракції, для моделювання роботи центру обслуговування викликів не може бути використана, адже вона використовується тільки, коли достатньо вивчити поведінку системи на рівні агрегованих величин. Тому більш дієвими є інструменти агентного та подійно-дискретного моделювання.

Основною відмінністю агентного підходу від інших є побудова моделі за принципом знизу вгору. Залежності між агрегованими величинами не задаються, виходячи зі знань про реальний світ, а утворюються у процесі моделювання індивідуальної поведінки десятків, сотень або тисяч агентів, їх взаємодії один з одним і з об'єктами, що моделюють навколишнє середовище.

Агент являє собою індивідуалізований активний об'єкт, який може позначати людину, пристрій, компанію. Залежно від того, який об'єкт являє собою агент, модель може відповідати високому рівню абстракції (агент — компанія, країна), середньому (агент — транспортна одиниця), низькому (агент — окремий пристрій) або поєднувати кілька рівнів.

До переваг агентного підходу слід віднести: відсутність зумовленості в поведінці системи на глобальному рівні, що може привести до появи нових гіпотез про її функціонування в ході симуляції моделі; реалізм та гнучкість в описі системи, можливість моделювати самі складні нелінійні зворотні зв'язки, використовувати будь-який необхідний рівень деталізації й абстракції.

До потенційних бар'єрів для побудови агентної моделі слід віднести, по-перше, наявність адекватних даних (це підтверджують публікації багатьох зарубіжних авторів, наприклад [7–9]). Як правило, зібрати статистику по характеристиках індивідуальних об'єктів складніше, чим за агрегованими показниками. По-друге, необхідно визначити логіку поведінки окремого агента в термінах, доступних для обробки комп'ютером. У процесі імітаційних експериментів можуть виникнути обчислювальні складності, оскільки агентні моделі у середньому вимагають більших апаратних і програмних потужностей для проведення симуляцій, чим системна динаміка або дискретне моделювання.

Найбільш відомими комерційними інструментами є середовища Ascape, Repast, Anylogic [6, 10, 11]. Останній з них є розробкою російської компанії Xjtechnologies [6]. Його конкурентною перевагою є підтримка всіх трьох парадигм імітаційного моделювання й можливість використання їх у рамках однієї моделі. Також Anylogic відрізняє потужне продуктивне ядро, що дозволяє симулювати поведінку мільйонів агентів; багаті можливості для анімації й графічного опису моделі; підтримка різноманітних типів експериментів [6].

Підходом, що відповідає низькому й середньому рівню абстракції, є подійно-дискретне (далі ПД) моделювання. Його концепцію запропонував в 60-х роках минулого століття Джефрі Гордон, розробивши популярний і сьогодні програмний засіб GPSS. У роботі [4] він запропонував використовувати концепції заявок (entities), ресурсів і поточкових діаграм (flowcharts). Згідно з цим підходом можна змоделювати роботу Call-центру. Заявки, у цьому випадку дзвінки, являють собою якісь пасивні об'єкти, які переміщуються, захоплюють і звільняють ресурси згідно з поточковими діаграмами — схемами, що описують досліджуваний процес. В загальному випадку заявки можуть являти собою людей, товари, деталі, документи, повідомлення. ПД моделювання є дискретним — кожній події відповідає певний дискретний момент часу. Характерною рисою даного підходу є «знеособленість» заявки, від її індивідуальних властивостей абстрагуються. Уважається, що всі заявки мають універсальну логіку поведінки й обробляються по єдиному, заздалегідь відомому алгоритму. Ядро моделі відповідає за генерацію, обробку й знищення заявок.

Однієї із систем моделювання, застосовуваних у галузі телекомунікацій, є GPSS World. GPSS — General Purpose Simulation System, загально цільова система моделювання. Остання версія GPSS World розроблена компанією Minuteman (США), працює в операційній системі Windows [4–6]. Це середовище було обране авторами статті для проведення моделювання, адже одночасно поєднує в собі програмний продукт і мову моделювання систем масового обслуговування (СМО). Мова GPSS — це мова декларативного типу, побудована за принципами об'єктно-орієнтованої мови. Основними елементами цієї мови є транзакти і блоки, які відображають відповідно динамічні і статичні об'єкти системи, що моделюються [4, 5].

На сьогоднішній день запропоновано безліч методів прогнозування поведінки центрів обслуговування викликів, від найпростіших до сучасних багатофункціональних комплексів [2, 8–10]. Деякі з апаратів представляють чисто теоретичний інтерес [3], інші призначені для використання на практиці, нерідко жертвуючи точністю з метою зменшення складності й залежності від окремих випадків [8–11]. Найбільш придатним для існуючого встаткування й зручним для реалізації на практиці бачиться метод, що використовує різні моделі СМО, що й дозволяє одержати основні характеристики, від яких залежить якість послуг, що надаються, вони вимагають доробки й експериментальної перевірки.

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі є процес функціонування Call-центру з використанням системи IVR. Дослідження процесу функціонування Call-центру з використанням методів аналітичного й імітаційного

моделювання та розробка методів розрахунків характеристик Call-центру, необхідних при проектуванні сучасних центрів, і впливаючих на якість обслуговування абонентів, є актуальним завданням.

Метою роботи є підвищення якості обслуговування абонентів Call-центру на основі дослідження процесу його функціонування та розробки методів розрахунків характеристик, що впливають на якість обслуговування.

Для кількісної оцінки переваги Call-центру, що працює з IVR, буде розроблена імітаційна модель такого центру в системі GPSS.

Це дозволить вирішити задачі з оцінки показників якості обслуговування, визначити максимальний час очікування в черзі та довжину черги в залежності від кількості викликів.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- розробка методів і алгоритмів для визначення показників ефективності функціонування Call-центрів як систем масового обслуговування;
- розробка імітаційної моделі Call-центру без IVR, проведення статистичних експериментів та аналіз їх результатів;
- розробка імітаційної моделі Call-центру з використанням системи IVR, проведення чисельних експериментів з метою отримання статистичної інформації про його роботу, дослідження впливу числа викликів, що покинули Call-центр після прослуховування відповіді IVR на показники якості обслуговування;
- аналітично порівняти показники ефективності центрів обслуговування викликів з використанням системи IVR та без неї при різному навантаженні.

4. Матеріали та методи дослідження функціонування центру обслуговування викликів на імітаційній моделі

Сучасний Call-центр має у своєму складі систему збирання статистичної інформації. Статистична інформація дозволяє ефективно управляти процесом функціонування системи, контролювати роботу операторів, динамічно реагувати на зміни, що відбуваються.

Джерелом статистичних даних і об'єктом дослідження є Call-центр телекомунікаційної компанії зі структурою, показаною на рис. 1.

Алгоритм роботи Call-центру полягає в наступному. Абонент набирає один з номерів Call-центру. Якщо всі вхідні лінії зайняті, то той, хто дзвонить одержить відмову в обслуговуванні (блокування виклику) і відбудеться одна із двох дій: він або зробить повторний виклик або не подзвонить зовсім, виклик буде вважатися відкинутим або загубленим викликом. Якщо хоча б одна лінія вільна, то виклик підключається до Call-центру й, в окремому випадку, чує відповідь електронного цифрового автоінформатора (IVR). У процесі інтерактивної розмови з автоінформатором користувач може одержати вичерпну інформацію та відключитися від Call-центру.

Для одержання додаткової необхідної інформації або послуг, потрібно з'єднання з оператором. У цьому випадку, у сучасних центрах обслуговування викликів, виклик передається на автоматичний розподіл викликів (ACD) [1, 2], який має можливості

маршрутизації дзвінків на основі безлічі критеріїв. Якщо відповідний оператор не зайнятий і вільний для обслуговування, то даний виклик негайно маршрутизується на нього. Інакше ACD затримує виклик до звільнення, необхідного оператора. Абонент може вирішити, наскільки необхідна для нього послуга, щоб очікувати її в черзі. Якщо вона не так важлива, він може просто відключитися від Call-центру й спробувати передзвонити ще раз, або припинити свої спроби — у цьому випадку Call-центр втрачає виклик. Усі інші абоненти в підсумку одержують відповідь від оператора [2, 9].

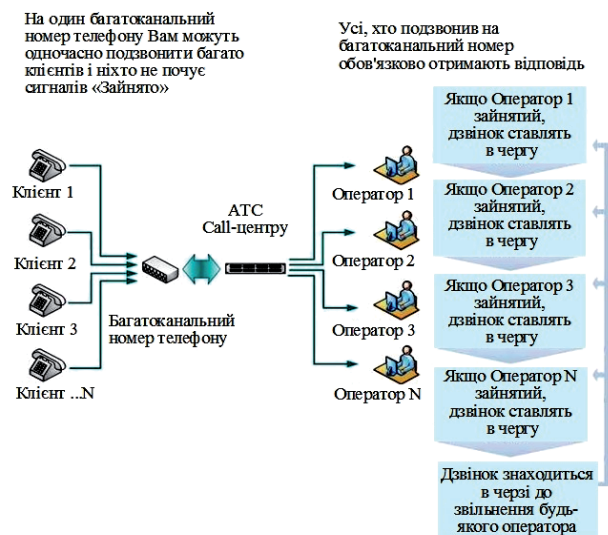


Рис. 1. Структура Call-центру

Як відомо з теорії телетрафіка виклики, що надходять з телефонної мережі загального користування, утворюють найпростіший пуассонівський потік. Обробка статистичних даних підтвердила зазначене положення, оскільки було встановлено, що математичне очікування числа викликів, що зробили за певний проміжок приблизно дорівнює дисперсії числа викликів за цей же проміжок, що є підтвердженням того, що досліджуваний потік є найпростішим [2]. Допустимо час обслуговування підкоряється експонентному закону, тоді центр обслуговування викликів можна змоделювати як багатоканальну СМО з накопичувачем обмеженої ємності й обслуговуванням заявок за експонентним законом. Це можна зробити за допомогою програми на мові GPSS.

На основі результатів аналізу було запропоновано описати роботу центру як системи масового обслуговування в моделі $M/M/s/\infty$ (модель з нескінченною чергою, де λ — інтенсивність потоку, що надходить у досліджуваному авторами статті випадку, кількості викликів; μ — інтенсивність обслуговування кожного пристрою з S однакових каналів обслуговування), граф якої запропонований на рис. 2.

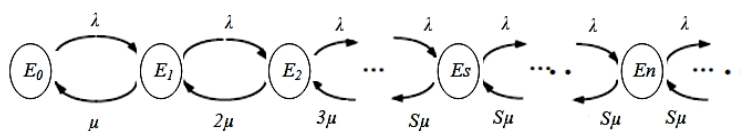


Рис. 2. Граф переходів

Це дозволило обчислити основні параметри роботи системи, а через них вирахувати залежність кількості операторів від кількості викликів навантаження.

Аналогами обслуговуючих пристроїв реальних систем у GPSS є об'єкти типу «ресурси». До об'єктів цього типу відносять пристрої, багатоканальні пристрої і логічні ключі. Як і в кожній об'єктно-орієнтованій мові у GPSS кожен об'єкт має властивості та методи, які змінюють ці властивості. У GPSS властивості об'єктів називають стандартними часовими атрибутами (СЧА).

Багатоканальні пристрої (БКП) (декілька, паралельних однакових пристроїв) являють собою об'єкти типу «ресурси» для паралельної обробки. Вони можуть бути використані декількома транзактами одночасно. Користувач визначає місткість (кількість каналів або однакових пристроїв) кожного БКП, що використовується у моделі, а інтерпретатор веде облік числа каналів, зайнятих у кожний момент часу. Інтерпретатор також автоматично підраховує такі СЧА: число транзактів, що увійшли у БКП, середнє число каналів, зайнятих одним транзактом, середній час перебування транзакту в пристрої тощо. В імітаційній моделі Call-центру під транзактом будемо розуміти виклик, що надходить із мережі телекомунікацій загального користування.

Лістинг програми моделювання центру обслуговування викликів представлений на рис. 3.

Уведемо наступні позначення:

1) K — число операторів Call-центру, що обслуговують виклики, що надходять, при цьому виклик може надійти до будь-якого вільного оператора;

2) L — обмежена довжина черги, якщо виклик надходить в Call-центр, коли черга заповнена, то він одержує відмову в обслуговуванні;

3) припустимо, що тривалість обслуговування виклику одним оператором випадкова величина, розподілена за експонентним законом.

У програмі оператор STORAGE описує багатоканальний пристрій. Ємність багатоканального пристрою визначається числом операторів. Виклики, що надійшли в Call-центр утворюють чергу операторів. Для того, щоб змодельювати контроль над довжиною черги перед багатоканальним пристроєм, скористаємося блоком TEST [4, 5], який дозволяє змодельювати накопичувач із обмеженою ємністю або чергу перед багатоканальним пристроєм.

Блок TEST у програмі записаний у наступному вигляді:

```
TEST L Q$operator, 10, Otkaz,
```

де L — умовний оператор (у нашому прикладі L означає «менше»); Q\$operator — стандартний числовий атрибут, значення якого перевіряється відповідно до заданого умовного оператора (у досліджуваному авторами статті прикладі Q\$operator означає перевірку довжини черги з іменем operator); 10 — гранична довжина черги, з якою порівнюється значення стандартного числового атрибута Q\$operator; Otkaz — ім'я альтернативного блоку, якому передається транзакт, якщо зазначена умова не виконується (у досліджуваному авторами статті прикладі транзакт буде переданий операторові TERMINATE з іменем Otkaz).

Таким чином, транзакт, потрапивши в зазначений оператор TEST, перейде до наступного за порядком

оператору за умови, що довжина черги operator менше 10, і до оператора TERMINATE з міткою Otkaz.

Оператори ENTER і LEAVE, моделюють заняття й звільнення багатоканального пристрою. Зауважимо, що в операторах ENTER і LEAVE можуть використовуватися два операнда A і B, де другий операнд B визначає кількість займаних або тих, що звільнюються приладів (каналів), причому при відсутності операнда B його значення за замовчуванням приймається рівним 1.

В операторові ADVANCE реалізується час обслуговування виклику як випадкова величина, розподілена по експонентному закону розподілу випадкових величин із середніми значеннями в 120 секунд (одна одиниця модельного часу дорівнює одній секунді) так, що середня затримка заявки в приладі становить 2 хвилини.

Ще однією особливістю даної моделі є наявність двох операторів TERMINATE. Перший оператор видаляє з моделі обслуговані виклики (транзакти), при цьому з «Лічильника завершень» віднімається одиниця (рис. 3).

```
Centre STORAGE 10; завдання числа приладів у пристрої з іменем Centre
Dlina TABLE Q$operator,1,1,10;
Model QTABLE operator,20,20,10;
*****
Область блоків, що виконуються (Основний модуль)
GENERATE (Exponential(1,0,10)); формування найпростішого потоку
TEST L Q$operator,10,Otkaz; перевірка довжини черги
QUEUE operator; реєстрація моменту надходження заявки в чергу operator
ENTER Centre; спроба зайняти один із приладів пристрою Centre
DEPART operator; реєстрація моменту покидання заявкою черги
operator
ADVANCE (Exponential(1,0,120)); затримка заявки
у середньому на 120 одиниць модельного часу
LEAVE Centre; звільнення одного приладу багатоканального
пристрою Centre
TABULATE Dlina;
TERMINATE 1; видалення обслугової заявки з моделі й зменшення
лічильника завершень
Otkaz TERMINATE 1; видалення заявки, що одержала відмову
```

Рис. 3. Лістинг програми моделювання центру обслуговування викликів

Другий оператор видаляє з моделі необслужені заявки, тобто заявки, що застали при надходженні в систему накопичувач заповненим, і які одержали відмову в обслуговуванні, при цьому з «Лічильника завершень» також віднімається одиниця. У даній моделі другий оператор TERMINATE потрібний для того, щоб одержати інформацію про частку обслугованих і частку загублених (не обслугованих) заявок.

Таким чином, складена імітаційна модель Call-центру, на який надходить найпростіший потік викликів з інтенсивністю $\lambda = 0,08$ вик/с, час обслуговування випадкова величина, розподілена за експонентним законом із середнім значенням 2 хв., тоді інтенсивність обслуговування $\mu = 0,008$.

5. Результати досліджень функціонування центру обслуговування викликів на імітаційній моделі

Розглянемо запропоновану модель для 5000 викликів. Стандартний звіт моделювання дивиться на рис. 4. У звіті показано, що число обслугованих транзактів, що пройшли через перший оператор TERMINATE, дорівнює 4596, а число необслужених (загублених) транзактів, що пройшли через другий оператор TERMINATE, дорівнює 404. Таким чином, імовірність втрати виклику в системі,

що моделюється, становить $404 / (4596 + 404) = 0,08$, тобто 8 % від загального числа викликів, що надійшли в систему. Відзначимо, що наявність в обох операторах TERMINATE операнда, рівного 1, означає, що моделювання завершиться при досягненні сумарного числа обслужених і необслужених заявок, що покинули систему, значення, зазначеного в операнді А команди START (у даній моделі це число 5000).

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

Friday, May 24, 2015 12:58:30

STORAGES	START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES
	0.000	60259.953	9	0

NAME	VALUE
CENTRE	10000.000
OPERATOR	10001.000
OTKAZ	9.000

LABEL	LOC	BLOCK TYPE	ENTRY COUNT	CURRENT COUNT
RETRY				
0	1	GENERATE	5020	0
0	2	TEST	5020	0
0	3	QUEUE	4616	10
0	4	ENTER	4606	0
0	5	DEPART	4606	0
0	6	ADVANCE	4606	10
0	7	LEAVE	4596	0
0	8	TERMINATE	4596	0
0	9	TERMINATE	404	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME
AVE. (-0) RETRY	10	10	4616	1158	4.089
OPERATOR					53.381
71.257					0

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE. C.	UTIL.
RETRY DELAY	10	0	0	10	4606	1	9.407	0.941
CENTRE								
0								

FEC XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER
VALUE						
4970	0	60262.637	4970	6	7	
5021	0	60276.193	5021	0	1	
5005	0	60281.613	5005	6	7	
4999	0	60284.946	4999	6	7	
4995	0	60285.786	4995	6	7	
4996	0	60304.787	4996	6	7	
5004	0	60341.698	5004	6	7	
4992	0	60388.536	4992	6	7	
5002	0	60389.300	5002	6	7	
5001	0	60400.798	5001	6	7	
4981	0	60424.080	4981	6	7	

Рис. 4. Стандартний звіт моделювання в GPSS

Якщо в першому операторі TERMINATE операнд буде відсутній, що за замовчуванням відповідає значенню 0, то моделювання завершиться, коли число необслужених (загублених) викликів досягне зазначеного в команді START значення.

Запропонована модель дозволяє відслідкувати, як впливає зміна числа операторів, що вийшли на зміну, на відсоток загублених викликів. Для того, щоб відслідкувати як змінюється час очікування в черзі за час моделювання в імітаційну модель внесемо зміни, а саме додамо в неї оператор QTABLE (рис. 3). Для того, щоб зібрати статистику про довжину черги, застосуємо оператор TABLE і блок TABULATE. У програмі введемо рядок:

Dlina TABLE Q\$operator,1,1,10.

При цьому вихідні дані будуть як у першій програмі, число операторів рівно 10, максимальна довжина черги рівна 10.

Одним з показників якості роботи Call-центру є частка викликів обслужених IVR системою (PIVR) — це виклики, що надійшли, і обслужені тільки системою IVR без з'єднання з оператором. Сервер інтерактивної мовної взаємодії IVR виконує всі функції, пов'язані з організацією комп'ютерного діалогу з абонентом, який звернувся в контакт-центр. Для кількісної оцінки переваги Call-центру, що працює з IVR, розроблена імітаційна модель такого центру на GPSS. Лістинг програми представлено на рис. 5.

```
Centre STORAGE 10; завдання числа приладів у пристрої з іменем Centre
Dlina TABLE Q$operator,1,1,10;
Model QTABLE operator,20,20,10;
GENERATE (Exponential(1,0,10)); формування найпростішого потоку
SEIZE ivr; перевірка стану приладу IVR
ADVANCE 90; затримка
RELEASE ivr; блок звільняє прилад IVR від транзакту, який займав цей прилад
TRANSFER .10,Sam,Wzw; визначає режим статистичної передачі транзакту
Sam TEST L Q$operator,10,Otkaz; перевірка довжини черги
QUEUE operator; реєстрація моменту вступу заявки в чергу оператор
ENTER Centre; спроба зайняти один із приладів пристрою Centre
DEPART operator; реєстрація моменту покидання заявкою черги оператор
ADVANCE (Exponential(1,0,120)); затримка заявки у середньому на 120
одиниць модельного часу
LEAVE Centre; звільнення одного приладу багатоканального пристрою Centre
TABULATE Dlina;
Wzw TERMINATE 1; видалення обслуженої заявки з моделі й зменшення
лічильника завершень
Otkaz TERMINATE 1; видалення заявки, що одержала відмову
```

Рис. 5. Лістинг імітаційної моделі Call-центру з IVR

Програма реалізована у вигляді двофазної моделі системи масового обслуговування (СМО), у якій виклик спочатку надходить на IVR, модель якого представлена у вигляді одноканальної системи масового обслуговування. У розроблену модель Call-центру введений фрагмент, у якому представлена модель IVR. У моделі функціонують 10 операторів, довжина черги очікування обмежена 10.

6. Обговорення результатів дослідження функціонування центру обслуговування викликів на імітаційній моделі

Проведемо аналіз процесу функціонування Call-центру на імітаційній моделі. Розглянемо як впливає зміна числа операторів, що вийшли на зміну, на відсоток загублених викликів, для цього дані статистичного аналізу на моделі зведемо до табл. 1.

Таблиця 1

Відсоток загублених викликів

Число операторів	Число обслужених викликів	Число необслужених викликів	Відсоток загублених викликів (%)
10	4596	404	8,79
11	4810	190	3,95
12	4935	65	1,32
13	4993	7	0,14
14	4994	6	0,12

Як видно з табл. 1 число працюючих операторів дуже впливає на відсоток загублених викликів, при збільшенні числа операторів з 10 до 14, відсоток загублених викликів знижується з 8,79 % до 0,12 %.

Таблиця 2

Статистичні характеристики часу очікування

Число операторів	Математичне очікування	Середнє квадратичне відхилення
10	79,76	48,87
11	59,97	46,88
12	42,64	40,99
13	38,25	36,42

Виходячи з отриманих залежностей, можна визначити число операторів, для роботи в одну зміну, що забезпечують необхідний рівень якості обслуговування абонентів.

Показниками якості обслуговування абонентів Call-центру є: відсоток відкинутих або загублених викликів; час очікування виклику в черзі; довжина черги. Розглянемо як змінюється час очікування в черзі за час моделювання. Для цього в імітаційну модель внесемо зміни, а саме додамо в неї оператор QTABLE (рис. 5). Результат роботи програми представимо у вигляді гістограми (рис. 6, а).

Як показано на рис. 6, а при числі операторів $K = 10$ середній час очікування в черзі становить 79,76 сек., а середнє квадратичне відхилення 48,87 сек. При цьому гранична довжина черги становить 10 викликів.

Змінимо число працюючих операторів на 12, і подивимося як це відіб'ється на часі очікування виклику в черзі. Гістограма на рис. 6, б має інший вигляд, при цьому середній час очікування в черзі становить 42,64 сек., а середнє квадратичне відхилення 40,992 сек. При цьому гранична довжина черги становить 10 викликів.

Показники для інших значень $K = 11$ і $K = 13$ представлено в табл. 2.

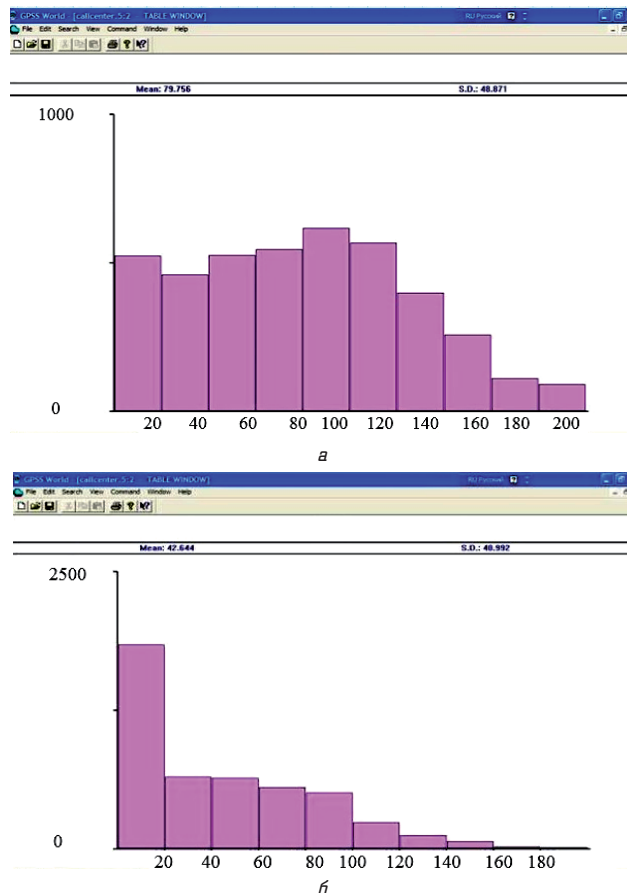


Рис. 6. Гістограми середнього часу очікування в черзі: а — при $K = 10$; б — при $K = 12$

Розглянемо тепер таке важливе питання як зміна довжини черги, тобто авторів статті цікавило, як змінювалося число викликів, що очікують обслуговування, під час моделювання. Результати моделювання представлені у вигляді гістограм зміни довжини черги за час моделювання на рис. 7.

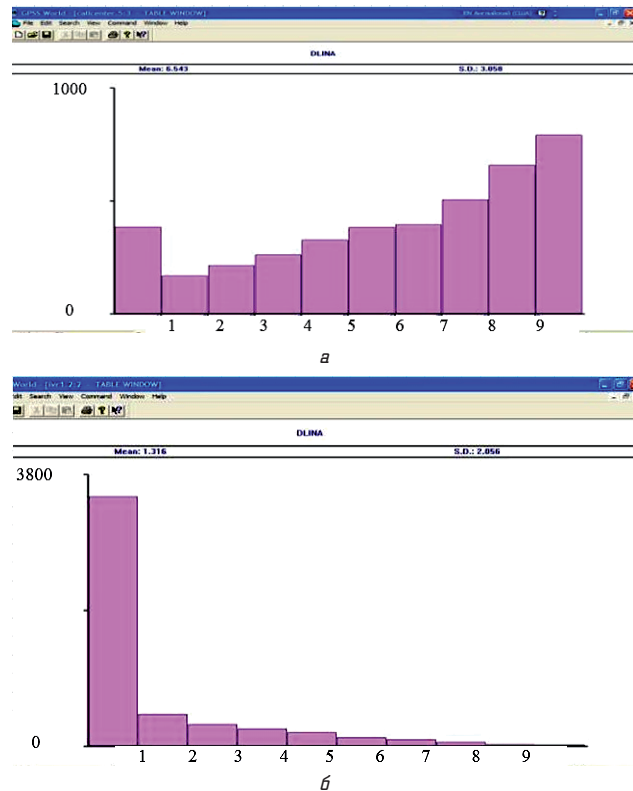


Рис. 7. Гістограма часу очікування виклику в черзі: а — в системі без IVR; б — в системі з IVR

Як видно з гістограми математичне очікування довжини черги рівно за час моделювання дорівнює 6,5, а середнє квадратичне відхилення дорівнює 3,05.

Розглянемо на моделі, як впливає на якість обслуговування Call-центру час обслуговування IVR. Результати моделювання показано на рис. 8, 9. Зокрема на рис. 8 представлена залежність відсотка загублених викликів від тривалості обслуговування IVR. Як видно з рис. 8 при збільшенні тривалості роботи IVR з 10 до 20 секунд відсоток загублених викликів зменшується з 20 % до 0, а середній час очікування виклику в черзі зменшується з 91,5 сек. до 0 сек.

Довжина черги до операторів скорочується з 7 до 0, як тільки час роботи IVR збільшується з 0 до 20 секунд.

Порівняння гістограм, середнього часу очікування виклику в черзі до операторів показує, що математичне очікування тривалості очікування в черзі зменшилося з 79,76 сек. до 15,59 сек. після введення IVR.

При цьому значне скорочення даної величини спостерігається при збільшенні роботи IVR понад 13 секунд. Якщо IVR працює менше зазначеного часу, то його робота не впливає на якість обслуговування Call-центру.

На гістограмі, представленій на рис. 7, б показана зміна довжини черги для 5000 викликів при роботі IVR із тривалістю 14 сек.

Математичне очікування довжини черги становить 1,316, середнє квадратичне відхилення — 2,056. На рис. 8, а, б, представлена гістограма розподілу довжини черги для Call-центру без IVR.

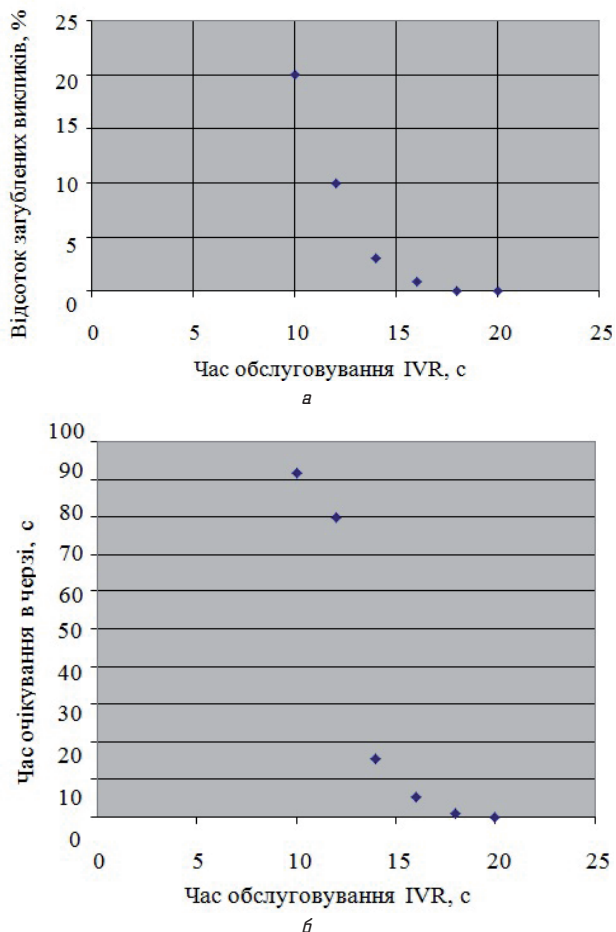


Рис. 8. Вплив на якість обслуговування Call-центру часу обслуговування IVR: *а* — відсоток втрачених викликів; *б* — час очікування виклику в черзі

На рис. 9, а математичне очікування довжини черги становить 6,5, а середнє квадратичне відхилення 3,05. Середня довжина черги при обслуговуванні 5000 викликів знизилася з 6,5 до 1,316.

Відомо, що частина абонентів будуть задоволені відповіддю IVR, їм буде досить довідкової інформації, отриманої від автовідповідача. У попередній моделі автори статті не враховували виклики таких абонентів. У результаті моделювання була побудована залежність відсотка загублених викликів від відсотка викликів, що покинули Call-центр після відповіді IVR.

Як видно з рис. 10, а, б, відповідь IVR значно впливає на відсоток загублених викликів. При збільшенні відсотка обслугованих викликів IVR системою з 10 до 14 відсоток загублених викликів знижується з 1,6 до 0,36.

Розглянемо питання впливу числа викликів, що покинули Call-центр після прослуховування відповіді IVR на інші показники якості обслуговування. Такі, як середній час обслуговування в черзі, довжина черги до операторів.

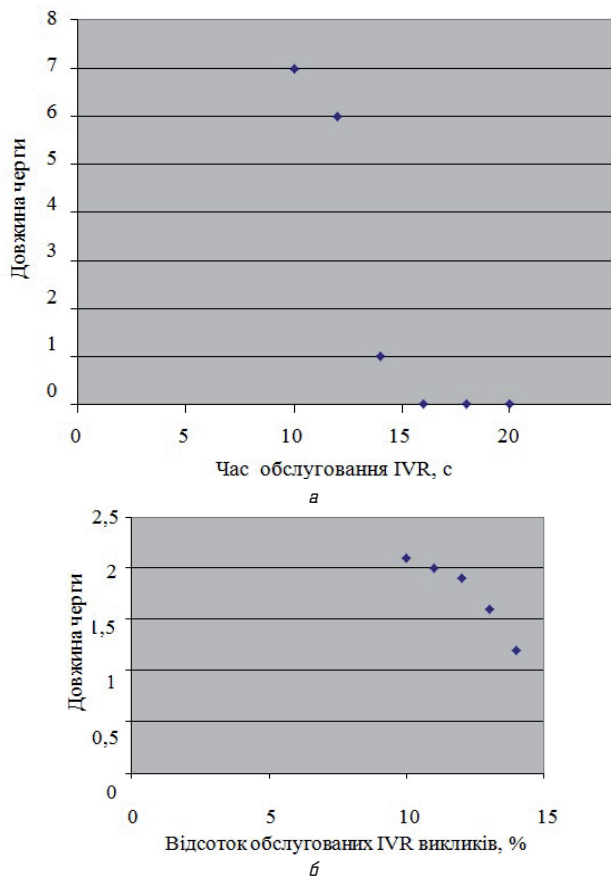


Рис. 9. Довжина черги: *а* — при збільшенні часу обслуговування IVR; *б* — при збільшенні відсотка обслугованих викликів

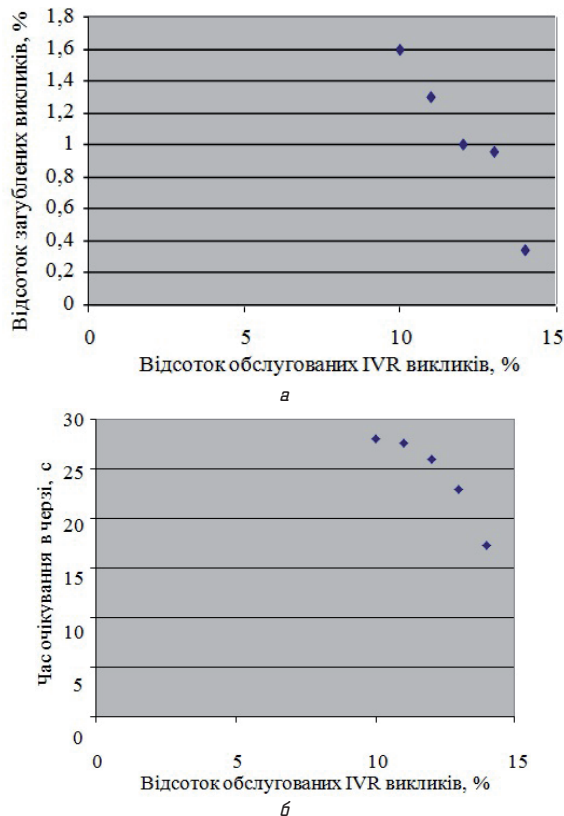


Рис. 10. Вплив числа викликів, що покинули Call-центр після прослуховування відповіді IVR на показники якості обслуговування: *а* — відсоток загублених викликів; *б* — залежність середнього часу очікування виклику в черзі

При збільшенні відсотка обслугованих IVR викликів, що залишили після цього систему викликів з 10 % до 14 % середній час виклику в черзі зменшується з 28,05 секунд до 17,238 секунд, а середня довжина черги до операторів зменшується з 2,1 до 1,2. Розподіл середнього часу очікування в черзі й довжини черги показав, що математичне очікування становить при розподілі часу очікування 28,048 сек., а середнє квадратичне відхилення 48,87 сек. і при розподілі довжини черги математичне очікування склало 2,227, середнє квадратичне відхилення 2,91.

7. Висновки

Сучасні інструменти імітаційного моделювання дозволяють застосовувати його для вирішення різних видів завдань як науки, так і техніки. Для досягнення практично значущих результатів необхідно знати особливості того чи іншого підходу при імітаційному моделюванні. Дослідження показали, що для моделювання процесу функціонування центрів обслуговування викликів більше підходять засоби агентного або дискретного моделювання.

Для моделювання функціонування Call-центру з системою інтерактивної голосової відповіді були використані можливості мови GPSS. На основі результатів аналізу було запропоновано описати роботу центру як системи масового обслуговування в моделі M/M/s/∞ (модель з нескінченною чергою) та реалізувати програму для її моделювання в середовищі GPSS. Запропоновано дві імітаційні моделі функціонування Call-центру: без використання системи IVR та з її використанням.

Вхідні дзвінки моделюються потоком подій, які генеруються відповідно до заданого закону розподілу. Для подій задаються межі їх повторення, періодичність повторення, а також правила їх виникнення (інтервал за часом, тип випадкової величини, закон розподілу, кількість подій).

У результаті моделювання отримані статистичні характеристики, за якими можна оцінити ефективність роботи центру, у тому числі: залежності числа обслугованих викликів і відсоток загублених викликів від кількості операторів, гістограма середнього часу очікування в черзі при різних значеннях числа працюючих операторів, гістограма довжини черги.

Проведення моделювання дозволило, зокрема:

- вибрати необхідне й достатнє число операторів для приймання дзвінків, а також підібрати оптимальний режим їх роботи для забезпечення мінімальних витрат при заданій частці загублених дзвінків;
- провести аналіз чутливості обраної схеми роботи операторів до коливаний потоку вхідних дзвінків (зміна числа вхідних дзвінків, величина й час пікових навантажень і т. п.).

З метою оцінки ефективності роботи після введення IVR системи до складу Call-центру до імітаційної моделі введений програмний блок обробки викликів IVR. Це дозволило в загальній імітаційній моделі системи отримати наступну статистику: відсоток загублених викликів, час очікування виклику в черзі, довжину черги викликів, гістограми розподілу часу очікування та розподілу довжини черги.

Результати досліджень засвідчили, що при тривалості роботи IVR більше 20 секунд показники якості

роботи Call-центру такі, як відсоток загублених або відкинутих викликів, середній час очікування, середня довжина черги до операторів, значно поліпшуються. При збільшенні відсотка обслугованих IVR викликів, що залишили після цього систему, середній час виклику в черзі та середня довжина черги до операторів значно зменшуються, а імітаційна модель дозволяє це відстежити у модулі статистики. Отже, введення сервера IVR підвищує рівень якості обслуговування не тільки з погляду абонентів, але й з технічної сторони у вигляді поліпшення кількісних показників якості обслуговування Call-центру.

Література

1. Гольдштейн, В. С. Call-центры и компьютерная телефония [Текст] / В. С. Гольдштейн, В. А. Фрейнкман. — СПб.: БХВ, 2002. — 372 с.
2. Росляков, А. В. Центры обслуживания вызовов (Call centre) [Текст] / А. В. Росляков, М. Ю. Самсонов, И. В. Шибаева. — М.: Эко-Трендз, 2002. — 272 с.
3. Зарубин, А. А. Call- и контакт-центры: эволюция технологий и математических моделей [Текст] / А. А. Зарубин // Вестник связи. — 2003. — № 8. — С. 85–88.
4. Gordon, G. A General Purpose Systems Simulation Program [Text] / G. Gordon // Proceedings of the December 12–14, 1961, eastern joint computer conference: computers — key to total systems control on — AFIPS'61 (Eastern). — Washington D. C., 1961. — P. 87–104. doi:10.1145/1460764.1460768
5. Боев, В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World [Текст]: уч. пособ. / В. Д. Боев. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 368 с.
6. Борщев, А. От системной динамики и традиционного ИМ — к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты [Электронный ресурс] / А. Борщев. — Режим доступа: URL: \www/URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>
7. Gulati, S. Call Center Scheduling Technology Evaluation Using Simulation [Text] / S. Gulati, A. Malcolm // In Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference. — New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2001. — P. 1438–1442. doi:10.1109/wsc.2001.977467
8. Koole, G. The Calculus of Call Center: Server Level Definitions and computations [Text] / G. Koole // In: MSON Conference. — Endhoven: Vrije Universiteit Amsterdam, 2004.
9. Mandelbaum, A. Empirical Analysis of a Call Center [Text] / A. Mandelbaum, A. Sakov, S. Zeltyn. — Israel: Technion Israel Institute of Technology, 2001.
10. Mehrotra, V. Call Center Simulation modeling: Methods, Challenges, and opportunities [Text] / V. Mehrotra, J. Fama // Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. — 2003. — Vol. 1. — P. 135–143. doi:10.1109/wsc.2003.1261416
11. Bapat, V. Using Simulation in Call Centers [Text] / V. Bapat, E. B. Pruitte // In: Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. — New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 1999. — P. 1395–1399. doi:10.1109/wsc.1998.746007

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЦЕНТРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ С СИСТЕМОЙ ИНТЕРАКТИВНОГО ГОЛОСОВОГО ОТВЕТА

Для количественной оценки преимущества Call-центра, работающего с IVR, разработана имитационная модель в системе GPSS. Программа реализована в виде двухфазной модели

системы массового обслуживания (СМО). Модель в отличие от аналогов позволяет получить зависимости числа обслуженных вызовов и процент потерянных вызовов от количества операторов. Исследовано влияние числа вызовов, покинувших Call-центр после прослушивания ответа IVR, на показатели качества обслуживания.

Ключевые слова: центр обслуживания вызовов, IVR система, имитационная модель, GPSS World.

Федюшин Олександр Іванович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра радіоелектроніки та комп'ютерних систем, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, Україна, e-mail: alexf_08@mail.ru.

Баленко Олексій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра обчислювальної техніки та програмування, Національний

технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: alex_aib@live.com.

Федюшин Олександр Іванович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра радіоелектроніки та комп'ютерних систем, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, Україна. Баленко Олексій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра обчислювальної техніки та програмування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.

Fediushyn Alexander, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine, e-mail: alexf_08@mail.ru.

Balenko Alexey, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: alex_aib@live.com