

О. В. ВЕКШИН, аспірант, каф. «АСУ», НТУ «ХПІ»;
М. В. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф., проф. каф. «АСУ», НТУ «ХПІ»;
М. О. ПАНТЕЛЕЄВ, студент НТУ «ХПІ»

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МАРКЕРНОЇ МОБІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

В роботі надається огляд сучасних технологій функціонування та розробки мобільних систем доповненої реальності, розглядаються приклади таких систем. Пропонується архітектурна модель адаптивної маркерної мобільної системи доповненої реальності та розглядається побудова прототипу такої системи на платформі Google Android з використанням інструментарію Metaio SDK. Зроблено висновки про продуктивність таких мобільних систем та можливі методи вирішення проблем високого часу обробки даних.

Ключові слова: мобільний пристрій, доповнена реальність, програмне забезпечення, мобільна система доповненої реальності, Android, Metaio.

Вступ. На теперішній час сегмент ринку мобільних інформаційних систем (МІС) є одним з найбільш швидко зростаючих сегментів ринку програмного забезпечення [1]. Щороку з'являються нові версії мобільних операційних систем та нові моделі та покоління мобільних пристроїв (МП). В свою чергу, одним із найбільш складним класом МІС за обчислювальним навантаженням на МП є мобільні системи доповненої реальності (МСДР) [2]. Розробникам МСДР необхідно брати до уваги обмежені обчислювальні можливості та необхідність підтримки різних типів МП. Таким чином, з метою більш ефективного функціонування МСДР на різних типах МП та в різних режимах роботи МП, виникає потреба адаптивного управління ресурсам МСДР [2, 3]. Дана робота присвячена огляду сучасних механізмів функціонування МСДР та аналізу особливостей їх типових архітектур, розробці та реалізації прототипу маркерної МСДР на платформі Google Android [4] і експериментальному дослідженню продуктивності таких систем.

1. Механізми реалізації та функціонування мобільних систем доповненої реальності. Існує ряд технологій, що дозволяють будувати програмне забезпечення систем доповненої реальності [5]. Основними технологіями реалізації МСДР є: маркерні технології, безмаркерні технології, геолокаційні технології та технології інфрачервоних датчиків. Кожна з цих технологій має свої особливості та сфери застосування.

Маркерні технології [5] базуються на розпізнаванні маркерів (QR [6] або штрих-код [7]), що потрапляють у поле зору камери мобільного пристрою. Для функціонування такої системи достатньо обчислювального пристрою з наявністю камери. Особливістю таких систем є відсутність вимог до високої

якості зображення маркеру. У якості прикладів таких систем можна навести QR Droid [8].

Безмаркерні технології МСДР використовують алгоритми розпізнавання образів, на основі яких на зображення об'єктів з навколишнього середовища накладається віртуальна сітка, на ній визначаються певні опорні точки, до яких буде прив'язано віртуальну модель об'єкту [5]. Основною вимогою до вхідних даних в таких системах є контрастність зображення, і як приклад реалізації такої технології може бути наведена така МСДР як Layer [9].

Геолокаційні технології, що виористовуються у складі МСДР, функціонують на основі визначення координат та відстаней до об'єктів в реальному середовищі. Це дозволяє визначати місцезположення користувача та об'єкти, що розташовані поряд нього. МСДР, які побудовані на основі таких технологій, використовують GPS-модуль [10], компас та гіроскоп, це такі системи, як, наприклад iOnRoad [11] та RoadAR [12].

Основними пристроєм для застосування технологій інфрачервоних датчиків у МСДР є відповідний датчик для заміру глибини та відстані до об'єктів. Таким чином, МСДР, які побудовані на основі цієї технології, дозволяють розпізнавати жести та рухи користувачів цих систем, і саме тому такі системи найбільш поширені у сфері розваг (див., наприклад, опис МСДР Kinect [13]).

В цій роботі найбільш детально будуть розглянуті маркерні технології функціонування МСДР, оскільки вони не накладають істотні обмеження на апаратне забезпечення МП та підтримуються великою кількістю програмних бібліотек.

2. Розробка архітектури прототипу адаптивної мобільної системи доповненої реальності. На основі результатів аналізу існуючих типових архітектур МСДР [14, 15, 16] та з метою дослідження можливостей реалізації адаптивних механізмів управління обчислювальним навантаженням в таких системах, пропонується розробити архітектуру та реалізувати прототип відповідної МСДР на основі підходу, який було викладено в [14]. На рис. 1 наведена UML-діаграма розгортання [17] тривірневої архітектури МСДР з компонентами адаптивного управління. Такими компонентами на клієнтському вузлі системи є наступні: 1) провайдер віддалених обчислень (remote calculation provider), що надає можливості з переадресації обчислень на сервер застосувань; 2) модифікований компонент обчислювального ядра (computing core).

Вузол сервера застосувань розширено наступними компонентами: 1) контролер віддалених обчислень (remote calculation controller) що надає можливості виконання обчислень на стороні серверу застосувань; 2) модель обчислень (calculation model) – репозиторій компонентів, що реалізують обчислення; 3) серверний компонент обчислювального ядра (computing core).

Основними задачами цих компонентів є визначення необхідності переносу обчислень з вузла мобільного клієнту на вузол серверу засновувань МСДР та виконання цього переносу.

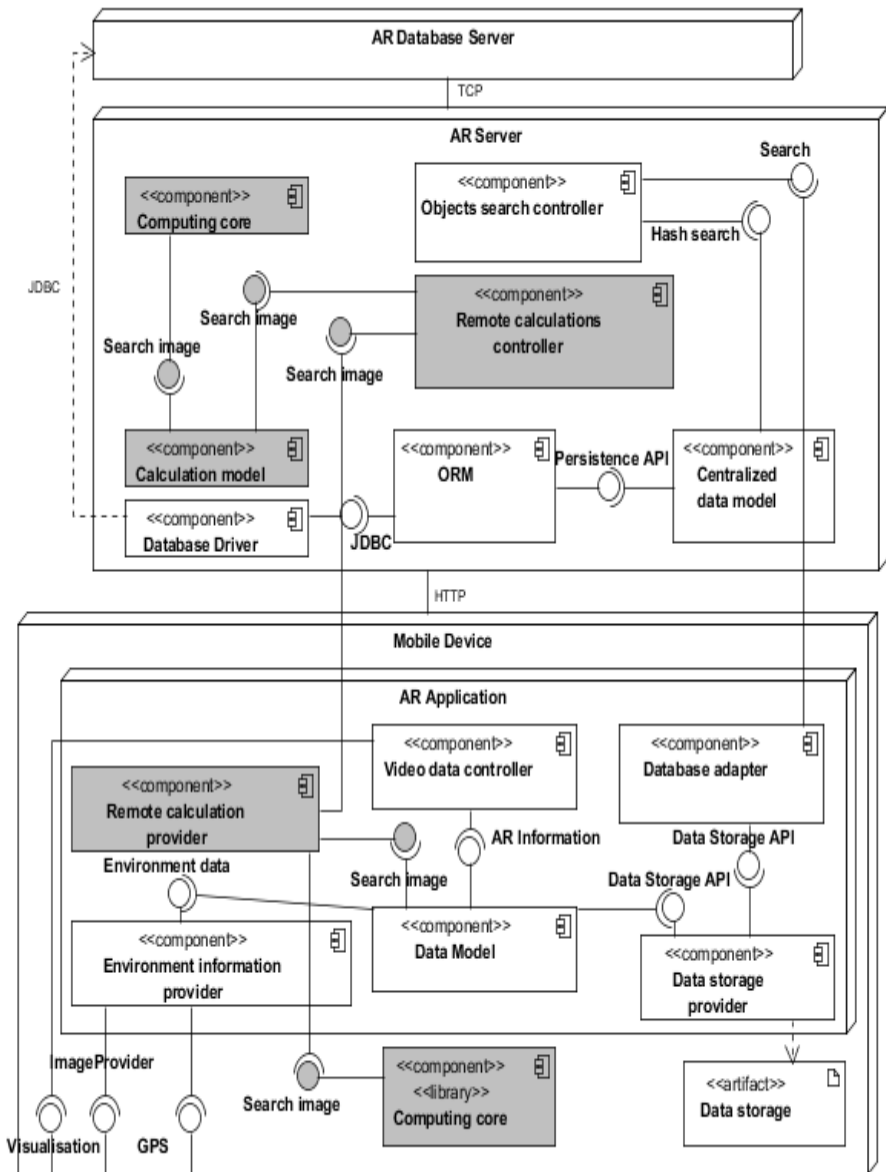


Рис. 1 – Тривінева архітектура адаптивної МСДР

Взаємодія основних компонентів такої МСДР представлена на рис. 2 у вигляді UML - діаграми взаємодії [17].



Рис. 2 – Взаємодія компонентів адаптивної МСДР

На цій діаграмі вказано об'єкт компоненту адаптивного управління (КАУ), який приймає рішення про виконання обчислень на вузлі МП або про перенос обчислень на сторону серверу МСДР. Таким чином, у випадку обмежених ресурсів МП та великої обчислюваної складності певних операцій стає можливим їх виконання на стороні серверу МСДР.

3. Програмна реалізація прототипу мобільної системи доповненої реальності. Для ілюстрації запропонованого підходу спроектовано та розроблено маркерну МСДР на платформі Android 4. Розроблена МСДР має трирівневу архітектуру та використовує Metaio-SDK [18]. Це застосування отримує зображення з камери МП і реалізує розпізнавання певного маркеру на цьому зображенні, виконує пошук даних, пов'язаних з цим маркером та відображає результат обробки на екрані МП.

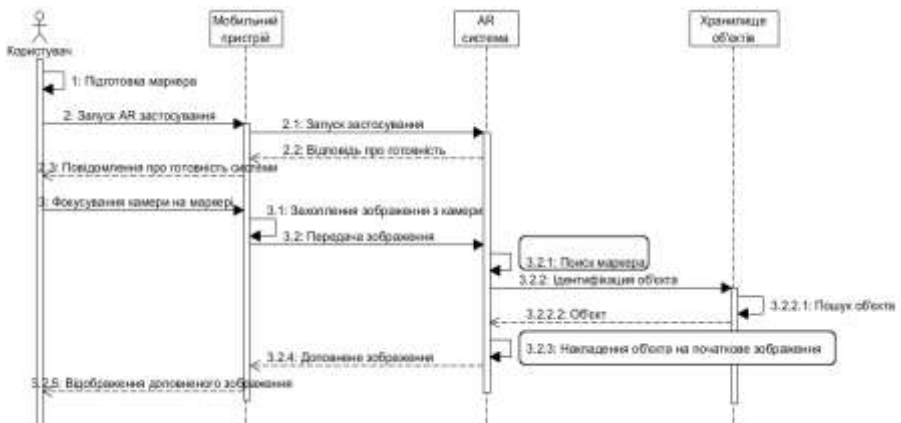


Рис. 3 – Взаємодія прототипу МСДР без урахування адаптивного управління

На даному етапі прототип МСДР не містить компонентів адаптивного управління та виконує усі обчислення на стороні МП. Діаграма послідовності взаємодії компонентів розробленої системи наведена на рис. 3. На ній зазначені вузькі місця, які в наступних реалізаціях будуть виконуватися з використанням компонентів адаптивного управління. Інтерфейс прототипу МСДР наведено на рис. 4 та 5. На рис. 4 наведено вихідні дані з камери МП, які були отримані МСДР.



Рис. 4 – Вихідні дані для МСДР

Після обробки даних прототипом МСДР на це зображення було накладено згенеровану тривимірну модель вузла, що містить об'єкт з вихідного зображення у якості складової частини. Результат доповнення наведено на рис. 5.



Рис. 5 – Доповнене зображення МСДР.

Для розробленого прототипу маркерної МСДР було проведено тестування його продуктивності [19]. Метою цього тестування було виявлення залежності часу обробки даних від обчислювальної потужності МП та часу обробки даних від об'єму вхідних даних. У якості тестових МП було обрано

HTC One, HTC Wildfire S, Samsung Galaxy S2. Технічні характеристики цих пристроїв наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Технічні характеристики тестових МП

Клас МП	Назва пристрою	Процесор	ОЗУ	Відеопроцесор	Оцінка продуктивності
P1	HTC One	Snapdragon 600, 1,7 ГГц (4 ядра)	2 ГБ RAM	Adreno 320	26556
P2	Samsung Galaxy S2	Exynos 4210, 1200 МГц (2 ядра)	1 ГБ RAM	Mali-400 MP	6173
P3	HTC Wildfire S	MSM7227, 600 МГц (1 ядро)	512 МБ RAM	Adreno 200	1804

Для оцінки продуктивності апаратного забезпечення мобільних пристроїв було обрано технологію оцінки продуктивності та мобільне ПЗ Antutu [20]. У якості тестових даних було обрано зображення з різними характеристиками розподільчої здатності (P3). Можливо виділити чотири класи об'єму вхідних даних, або класів складності:

- C1 P3 складає 480x320;
- C2 P3 складає 720x480;
- C3 P3 складає 960x720;
- C4 P3 складає 1280x720.

В ході тестування було оцінено час обробки прототипом МСДР зображень, що належать до різних класів складності, тобто зображення різного розміру. Результати тестування наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати тестування МП

№	Назва пристрою	Розподільча здатність зображення	Час, мс
1	HTC One	480x320	27
2	HTC One	720x480	38
3	HTC One	960x720	61
4	HTC One	1280x720	117
5	HTC Wildfire S	480x320	38
6	HTC Wildfire S	720x480	62
7	HTC Wildfire S	960x720	132
8	HTC Wildfire S	1280x720	289
9	Samsung Galaxy S2	480x320	32
10	Samsung Galaxy S2	720x480	49
11	Samsung Galaxy S2	960x720	95
12	Samsung Galaxy S2	1280x720	196

Графічно результати тестування наведено на рис. 6 у вигляді діаграми.



Рис. 6 – Результати тестування продуктивності

Аналіз результатів тестування показав, що швидкість обробки даних прямо залежить від об'єму вхідних даних, а час обробки даних для пристроїв класів P2 та P3 наближається до значень (250–300 мс), що може негативно впливати на зручність та ефективність користування МСДР [21]. Для подолання цих недоліків доцільно застосувати адаптивні підходи до побудови МСДР [14], з метою більш ефективного розподілу та використання обчислювальних ресурсів і підвищення продуктивності МСДР.

Висновки. В даній роботі розглянуті питання структурної адаптації МСДР та розробки маркерної МСРД на платформі Android. Розглянуті сучасні технології функціонування МСДР та типові архітектури таких застосувань. Також було розроблено прототип маркерної МСДР та були проведені дослідження його продуктивності. При аналізі результатів дослідження продуктивності МСДР було визначено залежність часу обробки зображення від його розміру та виявлено критичне зростання часу обробки зображення МСДР, що підтверджує необхідність використання адаптивних механізмів для підвищення продуктивності МСДР. У майбутньому планується розширити цей прототип компонентами адаптивного управління, що будуть реалізовувати можливості структурної адаптації МСДР.

Список літератури: 1. Research Smartphones Forecast to Represent Over 50% of Total Cellphone Sales for the First Time in 2013. – Режим доступу : <http://bit.ly/1uByTLL/>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. 2. Azuma R. Survey of Augmented Reality // Teleoperators and Virtual Environments – 1997. – С. 355–385. 3. Ткачук М. В. Деякі проблеми розробки адаптивного програмного забезпечення мобільних інформаційних систем та підхід до їх вирішення / Ткачук М. В., Векишин О. В., Косенко В. В. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Х. : НТУ "ХПІ", 2012. – № 29 – С. 22–29. 4. Android Developer офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://developer.android.com>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. 5. Благоевченко І. А. Технології та алгоритми для створення доповненої реальності / Благоевченко І. А., Демьянков Н. А. // Моделирование и анализ информационных систем. – 2013. – Т 10, № 2. – С.129–138. 6. Сайт проекту QRCode. – Режим доступу :

<http://www.qrcode.com/>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **7.** Barcodes & ID Key Standards. – Режим доступу : <http://www.gs1.org/gsm/kc/barcodes>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **8.** QR Droid. – Режим доступу : <http://bit.ly/1xsZ9O1>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **9.** Layer офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.layar.com>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **10.** GPS офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.gps.gov> – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **11.** iOnRoad офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.ionroad.com>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **12.** RoadAR офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.roadar.ru/>. – Дата звертання : 18 жовтня 2014. **13.** Xbox Kinect Motion Sensors. – Режим доступу : <http://www.xbox.com/en-GB/Kinect>. – Дата звертання : 25 жовтня 2014. **14.** Vekshyn O., Tkachuk M. // 7-th International Conference on Software Engineering Advances. – Lisbon. 2012. – С. 22–29. **15.** Butchart B. Architectural Styles for Augmented Reality in Smartphones // *International AR Standards*. – EDINA(University of Edinburgh). – 2011. **16.** Woodward C. A Client-Server Architecture for Augmented Assembly on Mobile Phones // *Hakkarainen M., Billinghurst M.* // VTT Technical Research Centre of Finland. – 2010. **17.** Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования: практическое руководство. – М. : Вильямс, 2009. – 736с. **18.** Metaio офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.metaio.com/>. – Дата звертання : 25 жовтня 2014. **19.** Types of Performance Testing. – Режим доступу : <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb924357.aspx>. – Дата звертання : 25 жовтня 2014. **20.** Antutu офіційний сайт проекту. – Режим доступу : <http://www.antutu.com/en/Ranking.shtml>. – Дата звертання : 29 жовтня 2014. **21.** Keeping Your App Responsive. – Режим доступу : <http://bit.ly/1jfCEl>. – Дата звертання : 29 жовтня 2014.

Bibliography (transliterated): **1.** Research Smartphones Forecast to Represent Over 50% of Total Cellphone Sales for the First Time in 2013. Web. 18 October 2014. <<http://bit.ly/1uByTLL>>. **2.** Azuma R. "Survey of Augmented Reality" // Teleoperators and Virtual Environments – 1997. – 355–385. Print. **3.** Tkachuk M. , Vekshyn O. V., Kosenko V. V. "Deyaki problemy rozrobky adaptivnoho prohrannoho zabezpechennya mobil'nykh informatsiynykh system ta pidkhid do yikh vyryshennya." *Visnyk NTU "KPI"*. No 29. 2012. 22–29. Print. **4.** Android Developer ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://developer.android.com>>. **5.** Blagoveshenskij I. A., Dem'jankov N. A. "Tehnologii i algoritmy dlja sozdanija dopolnennoj real'nosti." *Modelirovanie i analiz informacionnyh sistem* – No 10.2. 2013. 129–138. Print. **6.** Sayt proektu QRCode. Web. 18 October 2014. <<http://www.qrcode.com/>>. **7.** Barcodes & ID Key Standards. Web. 18 October 2014. <<http://www.gs1.org/gsm/kc/barcodes>>. **8.** QR Droid. Web. 18 October 2014. <<http://bit.ly/1xsZ9O1>>. **9.** Layer ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. : <<http://www.layar.com>>. **10.** GPS ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://www.gps.gov>>. **11.** iOnRoad ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://www.ionroad.com>>. **12.** RoadAR ofitsiyny sayt proektu. Web. 18 October 2014. <<http://www.roadar.ru/>>. **13.** Xbox Kinect Motion Sensors. Web. 25 October 2014. <<http://www.xbox.com/en-GB/Kinect>>. **14.** Vekshyn O., Tkachuk M. "Algorithmic Software Adaptation Approach in Mobile Augmented Reality Systems." 7-th International Conference on Software Engineering Advances. – Lisbon. 2012. – 22–29. Print. **15.** Butchart B. Architectural Styles for Augmented Reality in Smartphones // *International AR Standards*. – EDINA(University of Edinburgh). – 2011. Print. **16.** Woodward C., Hakkarainen M., Billinghurst M. A Client-Server Architecture for Augmented Assembly on Mobile Phones. *VTT Technical Research Centre of Finland*. – 2010. Print. **17.** Larman K. "Primenenie UML 2.0 i shablonov proektirovaniya: prakticheskoe rukovodstvo." – 2009. – 736. Print. **18.** Metaio ofitsiyny sayt proektu. Web. 25 October 2014. <<http://www.metaio.com/>>. **19.** Types of Performance Testing. Web. 25 October 2014. <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb924357.aspx>>. **20.** Antutu ofitsiyny sayt proektu. Web. 29 October 2014. <<http://www.antutu.com/en/Ranking.shtml>>. **21.** Keeping Your App Responsive. Web. 29 October 2014. <<http://bit.ly/1jfCEl>>.

Надійшла (received) 05.09.2014