ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Εκτέλεση Βιντεοπαιχνιδιών σε Υπολογιστικό Νέφος: τεχνολογίες, πλατφόρμες και προκλήσεις"

Ονοματεπώνυμο: Γεώργιος Γρηγορόπουλος

Αριθμός Μητρώου: Π2013108

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Κωνσταντίνος Οικονόμου

ΚΕΡΚΥΡΑ 2020

Συντάκτης

Γεώργιος Γρηγορόπουλος, Προπτυχιακός Φοιτητής,

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Επιβλέπων

Κωνσταντίνος Οικονόμου, Αναπληρωτής Καθηγητής,

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Μέλη Επιτροπής

Κωνσταντίνος Οικονόμου, Αναπληρωτής Καθηγητής,

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Μιχαήλ Στεφανιδάκης, Επίκουρος Καθηγητής,

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Θεόδωρος Ανδρόνικος, Αναπληρωτής Καθηγητής,

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Οικονόμου για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθώς και τον κ. Βασίλειο Κομιανό για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του για την επίλυση διάφορων θεμάτων κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους συναδέλφους-φίλους μου που συμμετείχαν στα πειράματα που πραγματοποίησα στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας, αλλά και στους γονείς μου οι οποίοι με στήριξαν κατά την διάρκεια των σπουδών μου με κάθε δυνατό τρόπο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κύριος στόχος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας ήταν η έρευνα, η συλλογή στοιχείων και η εξαγωγή συμπερασμάτων γύρω από τα συστήματα παιχνιδιών νέφους (Cloud Gaming). Με αφορμή την όλο και μεγαλύτερη αύξηση χρήσης των συγκεκριμένων συστημάτων αποφάσισα να πραγματοποιήσω την δική μου έρευνα πάνω στον τομέα αυτό ώστε να μπορέσω να κατανοήσω καλύτερα πως ακριβώς λειτουργούν, τι πλεονεκτήματα προσφέρουν στον χρήστη, ποιες είναι οι ανάγκες του δικτύου ενός συστήματος Cloud Gaming, αλλά και ποια είναι τα σημεία στα οποία παρουσιάζουν αδυναμίες.

Για να πραγματοποιηθούν όλα τα παραπάνω βασίστηκα στην Cloud Gaming πλατφόρμα Uniquitous ώστε να μπορέσω να κατανοήσω τα βασικά στοιχεία αλλά και να αντλήσω πληροφορίες για τις ανάγκες που έχει το δίκτυο των συστημάτων αυτών. Έπειτα, δημιούργησα το δικό μου παιχνίδι το οποίο έχει την δυνατότητα να λειτουργεί τοπικά στο σύστημα αλλά και ως παιχνίδι νέφους με την χρήση διακομιστή (server) και πελάτη (client). Σκοπός της δημιουργίας του παιχνιδιού αυτού ήταν ο εντοπισμός των διαφορών που ενδεχομένως να υπάρχουν όταν το ίδιο παιχνίδι βρίσκεται εγκατεστημένο τοπικά στο σύστημα και όταν χρησιμοποιείται μέσω ενός δικτύου και πώς επηρεάζεται η εμπειρία των παικτών στην κάθε περίπτωση.

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία ήταν απαραίτητη η χρήση την πλατφόρμας Uniquitous, την μηχανής δημιουργίας παιχνιδιών Unity, αλλά και των προγραμμάτων Ethereal και Free Keylogger που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν για την καταγραφή των μεταδιδόμενων πακέτων μεταξύ διακομιστή και πελάτη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ..... i

ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... ii

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... 1

1.1 Αναδρομή στην ιστορία των Video Games..... 1

1.2 Video Games και Online Gaming..... 2

1.3 Cloud Computing και Virtual Machines..... 3

1.4 Τι είναι το Cloud Gaming..... 5

1.5 Τι είναι η Unity..... 6

1.6 Τι είναι το Uniquitous..... 7

1.7 Μέθοδος λειτουργίας του Uniquitous..... 8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ..... 9

2.1 Cloud Gaming..... 10

2.1.1 Background..... 10

2.1.2 Αρχιτεκτονική δικτύου..... 11

2.1.3 Πλεονεκτήματα του Cloud Gaming..... 14

2.1.4 Προκλήσεις του Cloud Gaming..... 15

2.1.5 Καθυστέρηση στο Cloud Gaming και μέθοδοι μείωσης της..... 16

2.2 Δίκτυα και είδη παιχνιδιών..... 18

2.3 Ποιότητα της εμπειρίας και το Cloud Gaming..... 18

2.4 Προβλήματα και προκλήσεις στο Cloud Gaming..... 20

2.5 Συστήματα και πλατφόρμες Cloud Gaming..... 21

2.6 Απόδοση στο Cloud Gaming..... 25

2.7 Βασιζόμενα σε βίντεο συστήματα Cloud Gaming..... 29
2.7.1 Κατηγοριοποίηση..... 29
2.7.2 Αρχιτεκτονική..... 30
2.7.3 Μετρήσεις..... 31
2.7.4 Ποιότητα εμπειρίας του χρήστη..... 33
2.7.5 Προκλήσεις..... 34
2.8 Το μέλλον του Cloud Gaming..... 35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ UNITY..... 37
3.1 Περιβάλλον σχεδίασης της Unity..... 37
3.1.1 Γραμμή Εργαλείων..... 38
3.1.2 Όψη Σκηνής..... 38
3.1.3 Όψη Παιχνιδιού..... 39
3.1.4 Όψη Ιεραρχίας..... 40
3.1.5 Όψη Παρατήρησης..... 41
3.1.6 Όψη Περιεχομένων Εργασίας..... 42
3.2 Αρχές λειτουργίας της Unity..... 43
3.2.1 Αντικείμενο Παιχνιδιού..... 43
3.2.2 Δομικά Στοιχεία Αντικειμένων..... 44
3.2.3 Ετικέτες Αντικειμένων..... 45
3.2.4 Επικαλυπτόμενη Σχεδίαση..... 46
3.3 Προγραμματισμός παιχνιδιών με χρήση C#..... 47
3.4 Κατάστημα στοιχείων..... 48
3.5 Εξαγωγή Παιχνιδιού..... 49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΙΝΙΔΙΟΥ ΝΕΦΟΥΣ..... 50
4.1 Εγκατάσταση απαιτούμενων εργαλείων..... 50

4.2 Δημιουργία σκηνής παιχνιδιού..... 51
4.2.1 Προσθήκη δαπέδου και εμποδίων..... 53
4.2.2 Προσθήκη φωτισμού..... 54
4.2.3 Προσθήκη νομίσματος..... 54
4.2.4 Προσθήκη κίνησης στο νόμισμα..... 55
4.2.5 Προσθήκη σημείου εκκίνησης και καταστροφής..... 55
4.2.6 Προσθήκη μετρητή πόντων..... 56
4.3 Ανάπτυξη κώδικα..... 57
4.4 Σύνδεση πελάτη – διακομιστή..... 59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΩΣ ΕΚΤΕΛΕΣΙΜΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ..... 61
5.1 Τροποποίηση παραμέτρων..... 61
5.2 Ανάπτυξη κώδικα 62
5.3 Τελική μορφή τοπικώς εκτελέσιμου παιχνιδιού..... 63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ..... 64
6.1 Πείραμα 1 / Καταγραφή μεταδιδόμενων πακέτων..... 64
6.2 Πείραμα 2 / Cloud vs Τοπικώς Εκτελέσιμο Παιχνίδι..... 67
6.2.1 Αξιολόγηση Παικτών..... 69

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 73

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ..... 73

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 74

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Διάγραμμα της Statica..... 6

Εικόνα 2: Αρχιτεκτονική του Uniquitous..... 8

Εικόνα 3: Cloud Gaming framework..... 11

Εικόνα 4: Η αρχιτεκτονική του GRID SDK..... 25

Εικόνα 5: Cloud Gaming Platform.....30

Εικόνα 6: Καθυστέρηση απόκρισης.....31

Εικόνα 7: Η αλ/δραση της ποιότητας της εμπειρίας και της ποιότητας της υπηρεσίας..... 33

Εικόνα 8: Περιβάλλον σχεδίασης Unity..... 37

Εικόνα 9: Γραμμή εργαλείων..... 38

Εικόνα 10: Όψη σκηνής..... 38

Εικόνα 11: Όψη παιχνιδιού..... 39

Εικόνα 12: Όψη ιεραρχίας..... 40

Εικόνα 13: Όψη παρατήρησης.....41

Εικόνα 14: Όψη περιεχομένων εργασίας..... 42

Εικόνα 15: Νέο αντικείμενο παιχνιδιού.....43

Εικόνα 16: Ενσωμάτωση δομικού στοιχείου σε αντικείμενο..... 44

Εικόνα 17: Προσθήκη ετικετών σε αντικείμενο.....45

Εικόνα 18: Επικαλυπτόμενη σχεδίαση.....46

Εικόνα 19: Επισκόπηση καταστήματος στοιχείων Unity.....48

Εικόνα 20: Πεδίο εξαγωγής παιχνιδιού..... 49

Εικόνα 21: Πεδίο λήψεων του Uniquitous..... 50

Εικόνα 22: Αρχική οθόνη της Unity 4.7.2..... 51

Εικόνα 23: Η σκηνή πριν την αφαίρεση των αντικειμένων..... 51

Εικόνα 24: Η σκηνή αφού αφαιρέθηκαν τα αντικείμενα..... 52

Εικόνα 25: Προσθήκη δαπέδου.....53

Εικόνα 26: Προσθήκη εμποδίων.....53

Εικόνα 27: Προσθήκη φωτισμού..... 54

Εικόνα 28: Προσθήκη νομίσματος.....54

Εικόνα 29: Προσθήκη κίνησης..... 55

Εικόνα 30: Προσθήκη σημείου εκκίνησης.....55
Εικόνα 31: Προσθήκη σημείου καταστροφής του νομίσματος.....56
Εικόνα 32: Προσθήκη μετρητή πόντων.....56
Εικόνα 33: Η οθόνη του διακομιστή.....59
Εικόνα 34: Η οθόνη του πελάτη.....60
Εικόνα 35: Νέοι παράμετροι χαρακτήρα.....61
Εικόνα 36: Παράμετροι στο Cloud παιχνίδι.....61
Εικόνα 37: Η οθόνη του local παιχνιδιού.....63
Εικόνα 38: Στιγμιότυπο από το παιχνίδι AngryBots.....65
Εικόνα 39: Το γραφικό περιβάλλον του Ethereal.....66
Εικόνα 40: Διάγραμμα βαθμολογίας παικτών.....67
Εικόνα 41: Διάγραμμα βαθμού ικανοποίησης παικτών.....69
Εικόνα 42: Διάγραμμα εξοικείωσης παικτών με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια.....70
Εικόνα 43: Διάγραμμα βαθμού δυσκολίας παιχνιδιού.....70

ΠΑΡΑΘΕΣΕΙΣ ΚΩΔΙΚΑ

Παράθεση Κώδικα 1: Κενό αρχείο C# Script.....47
Παράθεση Κώδικα 2: AnimationTrigger C# Script.....57
Παράθεση Κώδικα 3: Score C# Script.....58
Παράθεση Κώδικα 4: Camerafollowplayer C# Script.....62

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Καθυστέρηση στο Cloud Gaming.....21

Πίνακας 2: Πίνακας μεταδιδόμενων πακέτων στο παιχνίδι AngryBots.....65

Πίνακας 3: Πίνακας καταγραφής ping..... 68

Πίνακας 4: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού(1)..... 71

Πίνακας 5: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού(2).....71

Πίνακας 6: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού(3).....72

Πίνακας 7: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού(4).....72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της βιομηχανίας βιντεοπαιχνιδιών δημιουργεί την ανάγκη για όλο και πιο ισχυρό hardware. Οι παίκτες αντιμετωπίζουν ένα πρόβλημα συνεχούς αναβάθμισης των μηχανών τους προκειμένου να παίξουν σύγχρονα παιχνίδια. Πρέπει να ξοδεύουν τεράστια χρηματικά ποσά όχι μόνο στα παιχνίδια, αλλά και στα απαραίτητα κομμάτια του υπολογιστή. Το Cloud gaming, η τεχνολογία που βασίζεται στην υποδομή του cloud computing που τρέχει ένα παιχνίδι στο διακομιστή και το μεταδίδει σε κονσόλες παιχνιδιών ή σε προσωπικούς υπολογιστές, μπορεί να είναι μια τέλεια λύση σε αυτό το θέμα [1]. Το Cloud Gaming επίσης λειτουργεί προς το συμφέρον των προγραμματιστών παιχνιδιών που δεν χρειάζεται να μεταφέρουν τα παιχνίδια τους σε διαφορετικές πλατφόρμες.

Η διαδικασία πίσω από το cloud gaming συλλέγει τις εισροές και τις ενέργειες των χρηστών, τις μεταφέρει στον cloud server, τις επεξεργάζεται, αποδίδει την εικόνα του αποτελέσματος, συμπιέζει και μεταδίδει τα δεδομένα στα μηχανήματα των χρηστών. Όλες αυτές οι ενέργειες εκτελούνται εκ νέου για κάθε συμβάν. Επομένως, η διατήρηση της λανθάνουσας κατάστασης σε αρκετά χαμηλά επίπεδα η οποία είναι απαραίτητη προϋπόθεση για μια καλή εμπειρία παιχνιδιού μπορεί να αποτελέσει μια πολύ δύσκολη διαδικασία.

Ο σκοπός της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που ακολουθεί στα δύο πρώτα κεφάλαια είναι η καταγραφή του θεωρητικού υπόβαθρου σχετικά με το Cloud Computing και το Cloud Gaming. Η διαδικασία της μελέτης περιλαμβάνει τη διερεύνηση των πλεονεκτημάτων του cloud gaming, τη σύγκριση διαφορετικών υπηρεσιών cloud computing που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και την προσπάθεια δημιουργίας ενός αποτελεσματικού συστήματος Cloud Gaming. Η τελική λύση πρέπει να εξασφαλίζει αρκετά χαμηλές τιμές καθυστέρησης αλλά και ικανοποιητικό εύρος ζώνης ώστε να είναι σε θέση να εξυπηρετήσει διάφορα παιχνίδια.

1.1 Αναδρομή στην Ιστορία των Video Games

Με τον όρο βιντεοπαιχνίδι (video game) εννοείται οποιοδήποτε παιχνίδι χρησιμοποιεί κάποια ηλεκτρονική συσκευή για να λειτουργήσει. Η συσκευή αυτή μπορεί να είναι μια κονσόλα βιντεοπαιχνιδιών, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ένα κινητό τηλέφωνο και άλλα.

Όλα τα ηλεκτρονικά παιχνίδια έχουν τουλάχιστον μία συσκευή εισόδου δεδομένων από τον χρήστη όπως πληκτρολόγιο, ποντίκι, joystick, οθόνη αφής, κ.α. καθώς και μία ή περισσότερες συσκευές εξόδου που ικανοποιεί τις αισθήσεις του παίχτη όπως οθόνη υπολογιστή ή τηλεόραση, ηχεία ,κ.α.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την αναπαραγωγή των βιντεοπαιχνιδιών είναι γνωστά ως πλατφόρμες. Οι πλατφόρμες αυτές εκτείνονται από μεγάλα συστήματα υπολογιστή μέχρι συσκευές χειρός. Τα βιντεοπαιχνίδια έχουν πλέον εξελιχθεί σε μία μορφή τέχνης και σε βιομηχανία ενώ η χρήση κατηγοριών βιντεοπαιχνιδιών όπως τα arcade έχει σταδιακά μειωθεί.

Η ιστορία των βιντεοπαιχνιδιών ξεκινάει από τα τέλη της δεκαετίας του 1940. Στην Αμερική, προς τα τέλη του 1950 και στα μέσα του 1960 οι υπολογιστές, και συγκεκριμένα οι κεντρικοί υπολογιστές αρχίζουν να μπαίνουν στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Αυτή ήταν και η περίοδος που τα βιντεοπαιχνίδια έκαναν την εμφάνιση τους, στις κονσόλες, στα φλίπερ, στους υπολογιστές, κ.α.

Το 1971 διαφημίστηκε επίσημα το πρώτο παιχνίδι το οποίο ονομαζόταν Computer Space. Το Computer Space ήταν ένα ολόκληρο μηχάνημα και μέχρι και τα τέλη του 1970, είχε εμφανιστεί στις Η.Π.Α., την Ευρώπη, την Ιαπωνία, και τη Λατινική Αμερική ενώ το 1977 ήταν η χρονιά που έγινε ευρύτερα γνωστό και σημείωσε μεγάλες πωλήσεις. Αυτό συνεχίστηκε μέχρι να εμφανιστεί ο προσωπικός υπολογιστής, ο οποίος προκάλεσε ανάλογες αντιδράσεις.

Πολλές εντυπώσεις τράβηξαν οι αμερικάνικες αλλά και οι ευρωπαϊκές εταιρίες βιντεοπαιχνιδιών που όμως δεν μπόρεσαν να φτάσουν τις ιαπωνικές εταιρίες, αφού εκεί άρχιζε ήδη να ανθεί η τεχνολογία. Αφού οι υπολογιστές και οι κονσόλες ήρθαν σε επαφή μεγάλο κοινό, το επόμενο βήμα ήταν η δημιουργία των φορητών κονσολών μια κίνηση που δεν ήταν καλοδεχούμενη από τις αμερικάνικες εταιρίες αφού μεγαλύτερη επιρροή στη βιομηχανία των παιχνιδιών είχαν οι ιαπωνικές εταιρείες οι οποίες κατασκεύασαν δημοφιλείς κονσόλες όπως το PlayStation και το NES, των εταιριών Sony και Nintendo αντίστοιχα.

Σήμερα, βιντεοπαιχνίδια εμφανίζονται στα κινητά τηλέφωνα, τα tablets και τους προσωπικούς φορητούς υπολογιστές ενώ έχει αναπτυχθεί και ένα πλήθος μηχανών δημιουργίας βιντεοπαιχνιδιών με τις οποίες μπορεί ακόμα και ένας αρχάριος σχεδιαστής – προγραμματιστής να δημιουργήσει το δικό του παιχνίδι. Ορισμένες από τις μηχανές αυτές διατίθενται δωρεάν όπως για παράδειγμα η Unity, η Unreal Engine και η CryEngine.

Στις μέρες μας είναι πιο εύκολο από ποτέ για έναν αρχάριο προγραμματιστή να αναπτύξει το δικό του παιχνίδι καθώς στο διαδίκτυο υπάρχει πληθώρα ενημερωτικών βίντεο αλλά και ένας μεγάλος αριθμός ιστοσελίδων υποστήριξης σχετικά με την ανάπτυξη βιντεοπαιχνιδιών.

1.2 Video Games και Online Gaming

Ένα βιντεοπαιχνίδι είναι ένα παιχνίδι ελεγχόμενο από υπολογιστή ή μικροεπεξεργαστή [2]. Τα βιντεοπαιχνίδια δημιουργούν εικονικές καταστάσεις όπου λαμβάνει χώρα το παιχνίδι. Γενικότερα, υπάρχουν πολλοί τύποι παιχνιδιών, όπως παιχνίδια που προσομοιώνουν παραδοσιακές μεθόδους παιχνιδιού όπως οι κάρτες και τα ζάρια, ενώ άλλα προσομοιώνουν μια

πραγματική ή μια φανταστική κατάσταση ζωής. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το Pong, που κυκλοφόρησε το 1972 και αποτελεί από τις πρώτες 2D προσομοιώσεις πινγκ-πονγκ, και θεωρείται το πρώτο εμπορικό παιχνίδι βίντεο [3].

Αρχικά, τα βιντεοπαιχνίδια έπαιζαν σε ειδικά μηχανήματα των οποίων το υλικό σχεδιάστηκε αποκλειστικά για παιχνίδια. Στη συνέχεια, οι κατασκευαστές παιχνιδιών άρχισαν να μεταφέρουν τα παιχνίδια σε υπολογιστές και κινητές συσκευές. Μετά την εμφάνιση του Διαδικτύου, προσφέρθηκαν ηλεκτρονικά παιχνίδια και σε διαδικτυακή διάσταση. Ένα online παιχνίδι είναι ένα βιντεοπαιχνίδι που παίζεται είτε εν μέρει είτε ολοκληρωτικά μέσω του Διαδικτύου ή οποιουδήποτε άλλου τύπου δικτύου υπολογιστών. Τα online παιχνίδια προσέφεραν το πλεονέκτημα του παιχνιδιού για πολλούς παίκτες, όπου ένας παίκτης θα μπορούσε να ανταγωνιστεί έναν άλλο παίκτη. Τα online παιχνίδια ουσιαστικά έγιναν κυριολεκτικά η «παιδική χαρά» ολόκληρου του κόσμου, όπου οι παίκτες σε όλο τον κόσμο μπορούν να ανταγωνιστούν μεταξύ τους στο παιχνίδι [4].

Σήμερα πολλές μεγάλες εταιρείες όπως οι Activision Blizzard, Valve Corporation, Ubisoft, Electronic Arts, Rockstar Games κλπ. δραστηριοποιούνται στον τομέα των παιχνιδιών. Η Sony με τις κονσόλες PlayStation, η Microsoft με τις κονσόλες Xbox και η Nintendo με τις κονσόλες Wii είναι μερικές από τις μεγάλες εταιρίες της βιομηχανίας παιχνιδομηχανών. Επίσης, πολλοί άλλοι σημαντικοί βιομηχανικοί γίγαντες συμμετέχουν άμεσα ή έμμεσα στη βιομηχανία παιχνιδιών. Η αγορά των βιντεοπαιχνιδιών αναμένεται να αποφέρει έσοδα 124 δισεκατομμυρίων δολαρίων παγκοσμίως το 2019 και έχει βάση χρηστών άνω των 2.5 δισεκατομμυρίων παικτών [1]. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τα κινητά παιχνίδια (tablet και έξυπνα τηλέφωνα) μοιράζονται το 58% αυτής της αγοράς [3].

Υπάρχουν διάφορα είδη βιντεοπαιχνιδιών, αυτά περιλαμβάνουν δράση, περιπέτεια, παιχνίδι ρόλων, προσομοίωση, στρατηγική, αθλητισμό κλπ [3]. Κάθε είδος αντιπροσωπεύει μια ποικιλία παιχνιδιών που μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω σε υποείδη. Μπορεί να υπάρχουν παιχνίδια που μπορούν να αντιπροσωπεύουν πολλαπλά είδη και κάθε είδος παιχνιδιού έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά από την άποψη του χρόνου απόκρισης όπως τον αντιλαμβάνεται ο χρήστης. Ορισμένα παιχνίδια μπορούν να ανεχθούν υψηλότερη καθυστέρηση ενώ άλλα πρέπει να ανταποκριθούν γρήγορα στις εντολές εισόδου των χρηστών για μια καλή ποιότητα εμπειρίας (quality of experience). Οι Shea et al. [1] κατέληξαν σε μία συγκεκριμένη τυπολογία αναφορικά με τα όρια καθυστέρησης σε διάφορους τύπους παιχνιδιών, και που είναι σε θέση να θεωρούνται ανεκτά και εξακολουθούν να παρέχουν μια καλή ποιότητα εμπειρίας στους παίκτες.

1.3 Cloud Computing και Virtual Machines

Το Cloud Computing αναφέρεται στη χρήση απομακρυσμένων πόρων για υπολογιστικές εργασίες αντί για τοπικούς πόρους χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο διανομής. Είναι επίσης γνωστό

ως υπολογισμός κατά παραγγελία διότι οι πόροι, τα δεδομένα ή οι πληροφορίες παρέχονται κατόπιν αιτήματος [5]. Το Cloud Computing είναι ανεξάρτητο από τη θέση και την συσκευή, αξιόπιστο, ασφαλές, ευκολότερο στη διαχείριση, φιλικό προς το περιβάλλον και έχει χαμηλότερη αρχική επένδυση σε σύγκριση με την παραδοσιακή πληροφορική [6]. Η αύξηση του αριθμού των χρηστών στον ιστό και η βελτίωση της ταχύτητας των συνδέσεων στο διαδίκτυο έχει συμβάλει σημαντικά στην ευρεία χρήση του Cloud Computing και το καθιστούν ως μια από τις δημοφιλείς και ταχέως αναπτυσσόμενες τεχνικές στον τομέα της τεχνολογίας των πληροφοριών σήμερα [7].

Σήμερα, όλο και περισσότερες επιχειρήσεις μετακινούν την επιχείρησή τους στο cloud μέρα με τη μέρα [5]. Αυτό συμβαίνει λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων του Cloud Computing έναντι της φιλοξενίας των δικών τους μηχανών. Οι οργανισμοί δεν χρειάζεται να ανησυχούν για τη διατήρηση της υποδομής τους για διαθεσιμότητα όλο το εικοσιτετράωρο ή να επιβαρύνονται με επιπλέον κόστος για οποιαδήποτε αποτυχία [3]. Επίσης, η υποδομή μπορεί να κλιμακωθεί δυναμικά στη ζήτηση χωρίς να χρειάζεται να ανησυχεί η επιχείρηση για το κόστος αγοράς νέου υλικού σε περίπτωση αυξημένων επιχειρηματικών αναγκών ή μπορεί να μειωθεί χωρίς ανησυχία για το υπολειπόμενο υλικό [8]. Ακολούθως, οι πελάτες χρεώνονται μόνο για το χρόνο που έχουν χρησιμοποιήσει τους πόρους από τον παροχέα υπηρεσιών cloud, με αποτέλεσμα το κόστος τους να είναι αρκετά χαμηλό. Ακόμα, τα δεδομένα σχετικά με το cloud μπορούν να προσεγγιστούν από οπουδήποτε στον κόσμο και οι πάροχοι παρέχουν συμφωνίες εξυπηρέτησης που εγγυώνται ένα ελάχιστο επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών, εξασφαλίζοντας έτσι τη συνεπή εξυπηρέτηση [1].

Μια εικονική μηχανή (VM) μπορεί να θεωρηθεί ως μονάδα βάσης στο Cloud Computing. Μπορεί να γίνει κατανοητό ως ένα περιβάλλον εφαρμογής που εγκαθίσταται ως λογισμικό αλλά μιμείται ένα ειδικό υλικό [8]. Οι VM χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση ξεχωριστών φυσικών υπολογιστών στο υλικό ενός μόνο υπολογιστή. Ένας hypervisor είναι ένα πρόγραμμα χαμηλού επιπέδου το οποίο ενεργεί ως ενδιάμεσο μεταξύ του host και του guest. Πρόκειται για ένα λεπτό λογισμικό που τρέχει είτε σε λειτουργικό σύστημα είτε ως υλικολογισμικό απευθείας πάνω από το υλικό [8]. Η εικονικοποίηση μπορεί να ταξινομηθεί ευρέως σε δύο τύπους:

- Τύπος 1 ή Εικονική Μηχανή Υλικού (Hardware Virtual Machine-HVM), στον οποίο ο hypervisor τρέχει άμεσα πάνω στο υλικό και επομένως οποιοδήποτε λειτουργικό σύστημα μπορεί να τρέξει σε HVM χωρίς τροποποιήσεις. Ως εκ τούτου, αυτό ονομάζεται virtualization υλικού. Η εικονικοποίηση τύπου 1 παρέχει γενικά καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με την εικονικοποίηση τύπου 2, αφού το λογισμικό μπορεί να έχει άμεση πρόσβαση στο υλικό, αλλά αυτό απαιτεί εγγενή υποστήριξη υλικού για την άμεση υποστήριξη ενός hypervisor.
- Τύπου 2 ή Para-Virtualization (PV), στον οποίο λειτουργεί ένας hypervisor σε ένα υπάρχον λειτουργικό σύστημα. Είναι μια τεχνική εικονικοποίησης μέσω της οποίας το λειτουργικό σύστημα τρέχει μέσω ενός hypervisor αντί να τρέχει απευθείας στο υλικό. Το λειτουργικό σύστημα θα πρέπει να είναι κατάλληλα τροποποιημένο για την ομαλή λειτουργία στην περίπτωση που δεν τρέχει απευθείας στο υλικό. Ο hypervisor ελέγχει επίσης την εικονική

μνήμη και τη διαχείριση εισόδου/εξόδου. Το περιβάλλον εικονικοποίησης τύπου 2 εγκαθίσταται ευκολότερα καθώς μπορεί κανείς να εγκαταστήσει ένα λογισμικό εικονικοποίησης μέσω ενός υπάρχοντος λειτουργικού συστήματος και να ξεκινήσει να δημιουργεί εικονικές μηχανές. Η εικονικοποίηση τύπου 2 είναι γενικά λιγότερο αποδοτική από την εικονικοποίηση τύπου 1, αλλά υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα συσκευών I/O τις οποίες υποστηρίζει το εγγενές λειτουργικό σύστημα.

1.4 Τι είναι το Cloud Gaming

Το Cloud Gaming (παιχνίδι νέφους) αναφέρεται σε ένα παιχνίδι το οποίο βρίσκεται σε έναν εταιρικό διακομιστή (server) και όχι στον υπολογιστή ή στην συσκευή του παίκτη. Ο χρήστης μπαίνει στο παιχνίδι εγκαθιστώντας ένα πρόγραμμα ώστε να μπορεί ως πελάτης (client) να έχει πρόσβαση στον διακομιστή όπου εκτελούνται τα παιχνίδια. Το βασικό πλεονέκτημα του Cloud Gaming είναι ότι η εταιρία μπορεί να αναβαθμίσει τα παιχνίδια χωρίς να χρειάζεται να ανησυχεί για τις δυνατότητες των υπολογιστών των χρηστών.

Το Cloud Gaming πρέπει να συγκεντρώνει μια πληθώρα τεχνολογιών αιχμής όπως είναι η ζωντανή ροή βίντεο με μικρό χρόνο καθυστέρησης αλλά και η απόδοση υψηλής ποιότητας τρισδιάστατων (3D) σκηνών.

Ένα σύστημα παιχνιδιών νέφους πρέπει να συλλέγει τις ενέργειες κάθε παίκτη, να τις μεταδώσει στον διακομιστή, να επεξεργαστεί τη δράση, να αποδώσει τα αποτελέσματα, να κωδικοποιήσει και να συμπιέσει τις αλλαγές που προκύπτουν στην σκηνή του παιχνιδιού και έπειτα να μεταφέρει το βίντεο (σκηνές παιχνιδιού) πίσω στη συσκευή αναπαραγωγής του χρήστη. Για να διασφαλιστεί η σωστή αλληλεπίδραση, όλες αυτές οι ενέργειες-λειτουργίες πρέπει να πραγματοποιηθούν μέσα σε ελάχιστα χιλιοστά του δευτερολέπτου. Αυτό το χρονικό διάστημα, το οποίο ορίζεται ως καθυστέρηση αλληλεπίδρασης, πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν μικρότερο, ώστε να παρέχει μια πλούσια εμπειρία στους παίκτες των παιχνιδιών νέφους.

Επιπλέον, ανάλογα με την μερίδα των χρηστών στην οποία απευθύνεται το κάθε παιχνίδι νέφους το σύστημα πρέπει να ικανοποιεί και τις ανάλογες ανάγκες. Όσο πιο μικρή είναι η ανοχή του παίκτη για καθυστέρηση αλληλεπίδρασης, τόσο λιγότερος πρέπει να είναι και ο χρόνος που το σύστημα θα εκτελέσει κρίσιμες λειτουργίες όπως η συμπίεση του βίντεο και η απόδοση της σκηνής. Επίσης, όσο χαμηλότερο είναι αυτό το χρονικό όριο, τόσο πιθανότερο είναι ότι μια υψηλότερη καθυστέρηση δικτύου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την εμπειρία αλληλεπίδρασης του παίκτη.

Τα Cloud παιχνίδια προσφέρουν οφέλη στους χρήστες, τους προγραμματιστές και τους εκδότες σε σχέση με τα παραδοσιακά ηλεκτρονικά παιχνίδια. Οι παίκτες παιχνιδιών νέφους δεν χρειάζεται να αναβαθμίζουν το υλικό των συστημάτων τους (hardware), προκειμένου να παίξουν τα νέα παιχνίδια που κυκλοφορούν ενώ οι προγραμματιστές των παιχνιδιών πρέπει να αναπτύξουν μόνο

μία έκδοση για την πλατφόρμα cloud (server) αντί να αναπτύξουν μια έκδοση για κάθε τύπο πελάτη, μειώνοντας έτσι τον χρόνο και το κόστος ανάπτυξης του παιχνιδιού.

Επίσης, οι εκδότες μπορούν να προστατεύσουν ευκολότερα από την πειρατεία, αφού τα παιχνίδια νέφους εγκαθίστανται μόνο στον διακομιστή, περιορίζοντας έτσι την ικανότητα των κακόβουλων χρηστών να τα αντιγράψουν.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της Statica, τα οποία παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα η αγορά του Cloud Gaming σημείωσε άνοδο από 45 εκατομμύρια δολάρια το 2017 σε 66 εκατομμύρια το 2018 ενώ αναμένεται μέχρι το 2023 να αγγίξει τα 450 εκατομμύρια.



Εικόνα 1: Διάγραμμα της Statica [20]

1.5 Τι είναι η Unity

Η Unity είναι ένα δημιούργημα της εταιρείας “Unity Technologies”. Αποτελεί μια από τις δημοφιλέστερες δωρεάν πλατφόρμες δημιουργίας παιχνιδιών προσφέροντας στον χρήστη ένα γραφικό περιβάλλον με ποικίλες δυνατότητες. Η διαφορά της με άλλες μηχανές οι οποίες προσφέρονται επίσης δωρεάν είναι ότι το περιβάλλον διεπαφής της είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε να κάνει την εμπειρία του χρήστη εύκολη ταυτόχρονα ευχάριστη , έχει πολύ μεγαλύτερη κοινότητα υποστήριξης, ενώ μέσω του δωρεάν Asset Store ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αναζητήσει και να ενσωματώσει στο παιχνίδι του οποιοδήποτε τρισδιάστατο αντικείμενο επιθυμεί.

Η εταιρεία “Unity Technologies” ιδρύθηκε από τους David Helgason, Nicholas Francis και Joachim Ante στην Κοπεγχάγη της Δανίας το 2004. Οι τρεις τους αναγνώρισαν την αξία των μηχανών

κατασκευής παιχνιδιών καθώς και των εργαλείων ανάπτυξής τους και έτσι αποφάσισαν να δημιουργήσουν μια μηχανή η οποία να είναι και φθηνή και προσιτή στο κοινό των προγραμματιστών.

Μέσα σε αυτά που παρέχει η Unity συγκαταλέγονται η δυνατότητα συμπίεσης και αλλαγής της ανάλυσης αρχείων εικόνων και γενικότερα των γραφικών, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε πλατφόρμας ενώ ο χρήστης - προγραμματιστής μπορεί να δημιουργήσει το παιχνίδι που επιθυμεί σε τρεις διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, την C# , την Javascript και την Boo.

Η επιτυχία της οφείλεται στο γεγονός ότι την εποχή που εμφανίστηκε πολλοί προγραμματιστές δεν μπορούσαν να φτιάξουν την δικιά τους μηχανή έτσι η Unity προσέφερε μία ελευθερία σε πολλούς μελλοντικούς προγραμματιστές. Σύμφωνα με έρευνες αποτελεί βασικό εργαλείο σχεδιασμού για πάνω από το πενήντα τοις εκατό των προγραμματιστών που ασχολούνται με την δημιουργία παιχνιδιών για κινητά τηλέφωνα.

Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και κυκλοφορία βιντεοπαιχνιδιών σε ιστοτόπους, σταθερούς και φορητούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, κονσόλες, καθώς και για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. Τέλος, αποτελεί μία μηχανή με συνεχή υποστήριξη καθώς ανανεώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα με καινούριες εκδόσεις προσφέροντας στούς χρήστες συνεχώς νέες δυνατότητες.

1.6 Τι είναι το Uniquitous

Το Uniquitous (http://uniquitous.wpi.edu/HomePage.html) είναι ένα σύστημα παιχνιδιών νέφους το οποίο δημιουργήθηκε προκειμένου να παρέχετε μια ευέλικτη και εύκολα προσβάσιμη πλατφόρμα στους ερευνητές και τους προγραμματιστές που ασχολούνται με το συγκεκριμένο είδος παιχνιδιών. Η υλοποίηση του απαιτεί την χρήση της Unity, γεγονός που σημαίνει ότι αποτελεί ιδανικό εργαλείο για ένα αρκετά μεγάλο τμήμα του πληθυσμού καθώς η Unity αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες και πιο δραστήριες κοινότητες προγραμματιστών στον κόσμο.

Η πλατφόρμα Uniquitous επιτρέπει την τροποποίηση και διαμόρφωση των δομών των παιχνιδιών νέφους, όπως ο ρυθμός των καρέ, η ανάλυση εικόνας καθώς και η ποιότητα εικόνας και ήχου, προκειμένου να εξερευνηθούν τα σημεία συμφόρησης του συστήματος και να ικανοποιηθούν οι διαφορετικές απαιτήσεις μεταξύ πελάτη και διακομιστή.

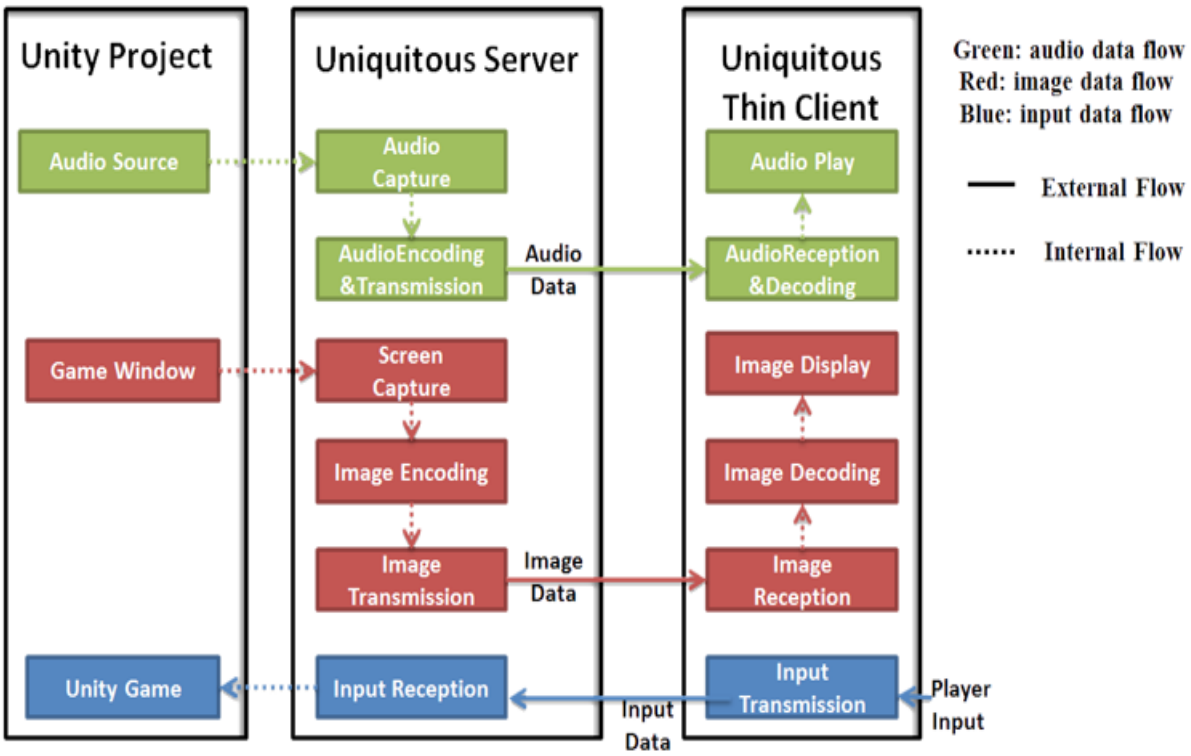
Εκτός από τις τροποποιήσεις του συστήματος, με την Unity, το Uniquitous επιτρέπει προσαρμογές του περιεχομένου των παιχνιδιών για περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης μεταξύ του περιεχομένου και της απόδοσης του παιχνιδιού νέφους. Για παράδειγμα, τα αντικείμενα ενός παιχνιδιού μπορούν να προσαρμοστούν έτσι ώστε να μελετηθεί η επίδραση της πολυπλοκότητας μίας σκηνής στον ρυθμό απόκρισης του δικτύου, ενώ οι ρυθμίσεις της κάμερας μπορούν να τροποποιηθούν ώστε να μελετηθεί η επίδραση της προοπτικής στον ρυθμό αποστολής και λήψης των καρέ στα παιχνίδια νέφους.

Στην ιστοσελίδα του Uniquitous είναι διαθέσιμα όλα τα απαραίτητα αρχεία για την δημιουργία ενός παιχνιδιού νέφους καθώς και αναλυτικές οδηγίες για τον τρόπο λειτουργίας και την σειρά εισαγωγής τους στο παιχνίδι.

1.7 Μέθοδος λειτουργίας του Uniquitous

Η λειτουργία του Uniquitous βασίζεται σε τρεις οντότητες. Το Unity Project που περιλαμβάνει το παιχνίδι που θα χρησιμοποιηθεί, τον Uniquitous Server στον οποίο είναι εγκατεστημένο το παιχνίδι και συνδέεται ο πελάτης (Thin Client) για να παίξει και τον Uniquitous Thin Client μέσω του οποίου ο κάθε χρήστης συνδέεται με τον Server από τον υπολογιστή του, ώστε να παίξει κάποιο παιχνίδι δίχως αυτό να απαιτείται να είναι εγκατεστημένο στο σύστημα του. Ο διακομιστής και ο πελάτης λειτουργούν σε δύο ξεχωριστούς υπολογιστές συνδεδεμένους μέσω σύνδεσης στο διαδίκτυο ενώ το Unity Project ΄΄τρέχει΄΄ στον ίδιο υπολογιστή με τον διακομιστή.

Στο σχήμα που ακολουθεί διακρίνονται οι τρεις τύποι ροών δεδομένων του Uniquitous με διαφορετικές αποχρώσεις. Η κόκκινη ροή απεικονίζει δεδομένα σχετικά με την εικόνα του παιχνιδιού, η πράσινη ροή απεικονίζει δεδομένα σχετικά με τον ήχο του παιχνιδιού ενώ η μπλε ροή απεικονίζει δεδομένα εισόδου του χρήστη. Οι ροές δεδομένων μέσα στο ίδιο μηχάνημα παρουσιάζονται με διακεκομμένες γραμμές ενώ οι ροές στο δίκτυο εμφανίζονται με συνεχόμενες γραμμές.



Εικόνα 2: Αρχιτεκτονική του Uniquitous [21]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι χρήστες των παιχνιδιών, είναι οι ιδιαίτερα αυξημένες ανάγκες σε υπολογιστικούς πόρους (ταχύτατες και πανάκριβες κάρτες γραφικών, μεγάλες αποθηκευτικές δυνατότητες σε RAM, ταχύτατοι επεξεργαστές) αλλά και η ανάγκη για συνεχή αναβάθμιση και αντικατάσταση του εξοπλισμού. Πάνω σ' αυτά προστίθενται και οι ασυμβατότητες των παιχνιδιών με τον εξοπλισμό ενός τυπικού υπολογιστή, τα προβλήματα που παρουσιάζονται συχνά στις εγκαταστάσεις παιχνιδιών και τη διασύνδεσή τους στο Διαδίκτυο, και καταλήγουμε σε ένα σενάριο, όπου για να απολαύσει κανείς ένα παιχνίδι, θα πρέπει να ξοδέψει πολλές ώρες σε εγκατάσταση, αλλά και πολλά χρήματα.

Μια πιο απλή λύση για τους φίλους των παιχνιδιών είναι η αγορά μιας κονσόλας όπως PlayStation ή Xbox. Οι κονσόλες αυτές προσφέρουν μια απλούστερη λύση, ώστε να απολαύσει κανείς τα παιχνίδια του, καθώς είναι μονίμως συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο, αν υπάρχει η απαραίτητη υποδομή, δεν χρειάζεται καμία ρύθμιση για να παίξει κανείς ένα διαδικτυακό παιχνίδι, ενώ δεν χρειάζονται καμία απολύτως αναβάθμιση. Το σοβαρό μειονέκτημα είναι η ασυμβατότητα μεταξύ τους.

Με την εξέλιξη του Διαδικτύου, και την αύξηση της ταχύτητας με την οποία μπορούμε να συνδεθούμε σ' αυτό, αρκετές εταιρείες έχουν αναπτύξει λύσεις, που μας βοηθούν να ξεπεράσουμε τα προβλήματα που προαναφέραμε. Αυτές οι λύσεις ονομάζονται Cloud Gaming. Μέσω του Διαδικτύου,και τη βοήθεια μιας συσκευής που συνδέουμε στην τηλεόραση ή με την χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορούμε να παίξουμε ένα παιχνίδι της αρεσκείας μας χωρίς να μας ενδιαφέρει αν έχει δημιουργηθεί για Xbox ή για PC, και χωρίς να ασχοληθούμε με ρυθμίσεις και εγκαταστάσεις. Αυτό συμβαίνει, επειδή η εταιρεία που μας παρέχει πρόσβαση στα παιχνίδια έχει αναλάβει να τρέξει τα παιχνίδια αυτά σε δικούς της υπολογιστές και να μας προσφέρει τη δυνατότητα να τα απολαύσουμε από την άνεση του σπιτιού μας ή από οποιοδήποτε μέρος επιθυμούμε.

Τα παιχνίδια που παίζουμε με αυτό τον τρόπο δεν υπάρχουν εγκατεστημένα στον υπολογιστή μας, αλλά τρέχουν αποκλειστικά μέσω Διαδικτύου. Δεν χρειάζεται να έχουμε πανίσχυρες και πανάκριβες κάρτες γραφικών, μια και την επεξεργασία την αναλαμβάνουν οι διακομιστές της εταιρείας που μας παρέχει το παιχνίδι. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζουμε πως με μία κονσόλα συνδεδεμένη στην τηλεόρασή μας ή με την χρήστη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή δίχως τρομερές δυνατότητες και έχοντας εξασφαλίσει μία αρκετά καλή και αξιόπιστη σύνδεση στο διαδίκτυο θα μπορούμε να παίζουμε όλα σχεδόν τα παιχνίδια, χωρίς να μας ενδιαφέρει η συμβατότητα, οι τεχνικές απαιτήσεις ή η πολυπλοκότητα εγκατάστασης και ρύθμισής τους.

2.1 Cloud Gaming

Το Cloud Gaming είναι ένας νέος κλάδος του cloud computing που επιτρέπει στους χρήστες να παίζουν παιχνίδια από απομακρυσμένους διακομιστές cloud [6]. Ο σχεδιασμός του παιχνιδιού cloud επιτρέπει σε οποιονδήποτε να παίζει παιχνίδια σε οποιοδήποτε τύπο υπολογιστή. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας παιχνιδιών έχει ως αποτέλεσμα παιχνίδια πολύ υψηλής ποιότητας που απαιτούν πιο ισχυρό εξοπλισμό. Το Cloud Gaming εξαλείφει το πρόβλημα της συνεχούς αναβάθμισης του υλικού του υπολογιστή, καθώς προσφέρει μια πλατφόρμα παιχνιδιών ως υπηρεσία. Η υπηρεσία Cloud Gaming έχει διακομιστές που έχουν κατασκευαστεί ειδικά για σκοπούς παιχνιδιών και το μόνο που χρειάζεται ο πελάτης είναι μια αξιόπιστη σύνδεση στο Internet [3].

Το Cloud Gaming έχει πολλά πλεονεκτήματα και όχι μόνο από την οπτική γωνία των πελατών. Οι προγραμματιστές παιχνιδιών επωφελούνται επίσης από το Cloud Computing, καθώς καταργεί την ανάγκη μεταφοράς παιχνιδιών σε διαφορετικές πλατφόρμες. Αυτή η διαδικασία καταναλώνει χρόνο και πόρους και το Cloud Computing αποτελεί μια αποτελεσματική λύση στο ζήτημα [3]. Τέλος, το Cloud Gaming επίσης διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό το θέμα της ασυμβατότητας υλικού ή λογισμικού.

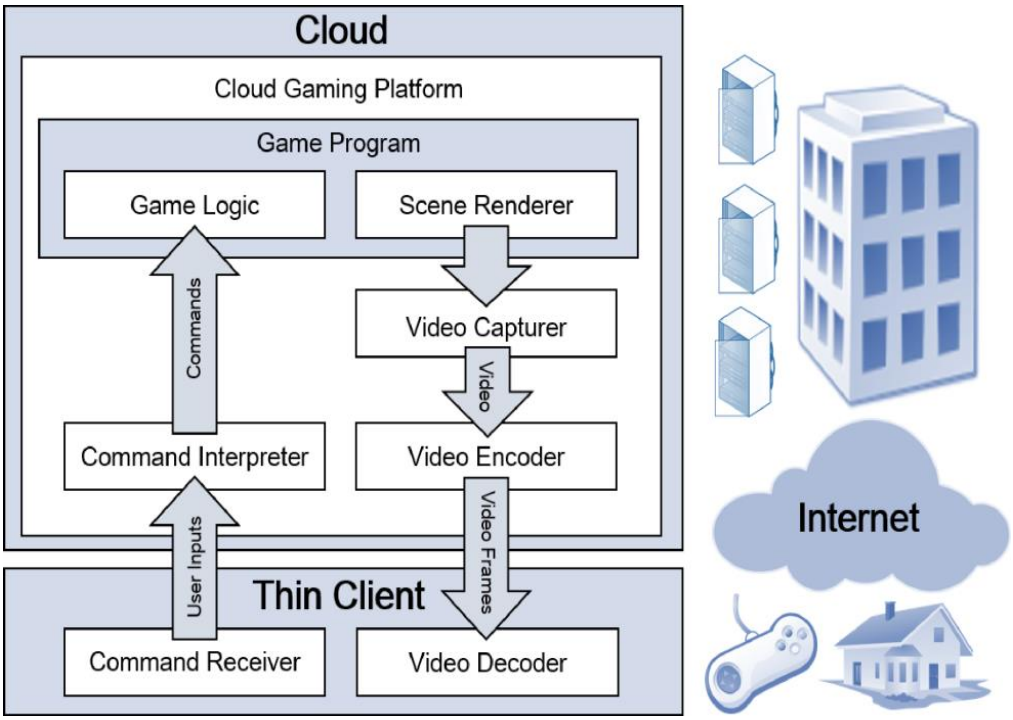
2.1.1 Background

Παρόλο που η κοινότητα παιχνιδιών εξακολουθεί να μην έχει αποδεχτεί πλήρως την έννοια του Cloud Gaming, το Cloud Gaming υπάρχει εδώ και σχεδόν δύο δεκαετίες. Το Cloud Gaming έχει βελτιωθεί δραστικά από την πρώτη εμφάνιση της υπηρεσίας και εξακολουθεί να ανταποκρίνεται στις συνεχείς προκλήσεις και τις κριτικές που προέρχονται από τους παίκτες.

Η πρώτη επίδειξη το Cloud Gaming έγινε το 2000 στην έκθεση της E3 από την εταιρεία G-cluster [9]. Δεν ήταν το Cloud Gaming, όπως είναι γνωστό στις μέρες μας, αλλά ήταν ένα ξεκίνημα ως ροή παιχνιδιών μέσω Wi-Fi σε φορητές συσκευές. Η επόμενη επίσημη παρουσίαση ενός συστήματος το Cloud Gaming ήταν από την εταιρεία OnLive. Ο Steve Perlman, διευθύνων σύμβουλος της OnLive, ανακοίνωσε την υπηρεσία τον Μάρτιο του 2010 στο blog του και την παρουσίασε στην E3 τον Ιούνιο του 2010 [6]. Παρόλα αυτά, η OnLive είχε επίσης προβλήματα με την καθυστέρηση και δεν έγινε αποδεκτή με ενθουσιασμό, αλλά με αμφιβολία.

Τον Φεβρουάριο του 2011 μια άλλη εταιρεία, η Gaikai, ανακοίνωσε την έκδοση της υπηρεσίας το Cloud Gaming, προσφέροντας στους πελάτες παιχνίδια όπως τα Mass Effect 2, Dead Space 2, Sims 3 και Second Life. Σύμφωνα με τον Διευθύνοντα Σύμβουλο της Gaikai, David Perry (2011), η υπηρεσία τους ήταν σε θέση να τρέξει παιχνίδια υψηλής απόδοσης σε 60Hz.

Το 2014, η Sony ανακοίνωσε τη δική της υπηρεσία το Cloud Gaming, το PlayStation Now. Η υπηρεσία βασίστηκε στην τεχνολογία της Gaikai αφού η Sony αγόρασε την Gaikai για 380 εκατομμύρια δολάρια. Η Sony προσέφερε διάφορα παιχνίδια του PlayStation προσβάσιμα από το cloud. Το ελκυστικό χαρακτηριστικό του PS Now είναι η δυνατότητα αναπαραγωγής παιχνιδιών PlayStation 2 και PlayStation 3 σε μια κονσόλα PlayStation 4 χωρίς να τη μεταφορά τους. Επιπλέον, επιτρέπει την αναπαραγωγή των παιχνιδιών όχι μόνο στο PlayStation 4, αλλά και σε τηλεοράσεις, φορητούς υπολογιστές, smartphones και άλλες συσκευές. Η διάθεση ξεκίνησε μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά με τα χρόνια έγινε διαθέσιμη στον Καναδά, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιρλανδία, την Ιαπωνία και αρκετές ευρωπαϊκές χώρες.



Εικόνα 3: Cloud Gaming framework [6]

2.1.2 Αρχιτεκτονική δικτύου

Η ιδέα του Cloud Gaming περιλαμβάνει το γεγονός πως το παιχνίδι μεταδίδεται από τον διακομιστή του cloud και δεν χρειάζεται να εγκατασταθεί στον υπολογιστή του χρήστη. Ωστόσο, υπάρχει μια περίπλοκη διαδικασία πίσω από αυτό. Η Εικόνα 3 αποτυπώνει τη δομή του Cloud Gaming.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3, ο πελάτης παρακολουθεί τις εισόδους του χρήστη και τις στέλνει μέσω του διαδικτύου στο σύννεφο. Η πλατφόρμα παιχνιδιών cloud λαμβάνει αυτές τις εντολές οι

οποίες στη συνέχεια ερμηνεύονται σε ενέργειες παιχνιδιών που επηρεάζουν τον κόσμο του παιχνιδιού. Αφού γίνουν οι αλλαγές, υποβάλλονται σε επεξεργασία με γραφική μονάδα επεξεργασίας (GPU) προκειμένου να γίνει η σκηνή. Η σκηνή rendering κωδικοποιείται σε πλαίσια βίντεο τα οποία μεταδίδονται προς τα πίσω στον πελάτη, όπου αποκωδικοποιούνται και μπορούν να προβληθούν από το χρήστη [1].

Ως αποτέλεσμα των πρόσφατων εξελίξεων στα Cloud Computing και τα κέντρα δεδομένων, παρατηρήθηκε δραματική αύξηση της ζήτησης για υπηρεσίες Cloud Computing τα τελευταία χρόνια [2]. Στην πραγματικότητα, η συγκέντρωση των πόρων και των υπολογιστικών διαδικασιών σε κέντρα δεδομένων επιφέρει φθηνές και ευέλικτες ευκαιρίες για ένα πλήθος υφιστάμενων εφαρμογών. Οι υπηρεσίες τυχερών παιχνιδιών είναι μία από αυτές τις εφαρμογές που μπορούν να επωφεληθούν από τις προόδους του Cloud Computing. Η πανταχού παρούσα και κλιμακούμενη φύση των κέντρων δεδομένων οδηγεί σε μείωση του κόστους για τους παρόχους υπηρεσιών παιχνιδιών με την ταχύτερη ανάπτυξη των παιχνιδιών μέσω του κλιμακούμενου περιβάλλοντος του cloud και την αύξηση των εσόδων τους με την προσέλκυση περισσότερων χρηστών [8]. Επιπλέον, επιτρέπει στους χρήστες να παίζουν πολυάριθμα παιχνίδια, ανεξάρτητα από την τοποθεσία τους ή ποια πλατφόρμα χρησιμοποιούν (υπολογιστές, φορητοί υπολογιστές, tablet, smartphones) [7].

Το Cloud Gaming θεωρείται σήμερα μεταξύ των πλέον κερδοφόρων υπηρεσιών Cloud Computing. Τα έσοδα από τα cloud games αυξάνονται ραγδαία και μέχρι το 2020 εκτιμάται ότι ξεπερνούν τα 1,3 δισεκατομμύρια δολάρια. Συνεπώς, οι παγκόσμιες εταιρείες αρχίζουν να αναπτύσσουν πλατφόρμες Cloud Gaming για να υποστηρίξουν αυτήν την αναμενόμενη ανάπτυξη. Για παράδειγμα, η Google ανήγγειλε πρόσφατα μια νέα υπηρεσία Cloud Gaming που ονομάζεται Stadia για streaming υψηλής ανάλυσης παιχνίδια [10].

Η αρχιτεκτονική του Cloud Gaming μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριες κατηγορίες [7]. Η πρώτη κατηγορία είναι γνωστή ως απομακρυσμένη απόδοση GaaS (RR-GaaS). Σε αυτήν την αρχιτεκτονική, το cloud game χρησιμοποιεί μια αρχιτεκτονική πελάτη-διακομιστή, όπου η λογική του παιχνιδιού εκτελείται σε ισχυρούς διακομιστές Cloud Gaming. Οι σκηνές παιχνιδιών κωδικοποιούνται ως συμπιεσμένα οπτικοακουστικά σήματα και μεταδίδονται σε χρήστες παιχνιδιών που λειτουργούν σε ετερογενείς πλατφόρμες πελατών (PC, φορητό υπολογιστή, tablet, κονσόλες παιχνιδιών, επιτραπέζιους υπολογιστές και smartphones).

Οι πελάτες αυτού του μοντέλου είναι απλώς υπεύθυνοι για την αποστολή των εισόδων ελέγχου παιχνιδιών και την εμφάνιση της ληφθείσας σκηνής βίντεο παιχνιδιού. Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος των υπολογιστικών λειτουργιών εκτελείται στο cloud, οι χρήστες παιχνιδιών δεν χρειάζεται να αναβαθμίζουν συνεχώς τις συσκευές τους για να ικανοποιήσουν την συγκεκριμένη απαίτηση υλικού των τελευταίων παιχνιδιών. Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, η προσφορά υπηρεσιών Cloud Gaming που προσεγγίζουν την ποιότητα της εμπειρίας των παιχνιδιών κονσόλας παραμένει μια πρόκληση. Οι υπηρεσίες Cloud Gaming απαιτούν ελάχιστο εύρος ζώνης 3Mb / second για να εξασφαλίσουν ικανοποιητική ποιότητα εμπειρίας [10]. Επίσης,

τα παιχνίδια cloud εμφανίζουν περίπου 1,7 φορές υψηλότερη καθυστέρηση από ότι οι αντίστοιχες κονσόλες, η οποία επίσης θα μπορούσε να επηρεάσει δυσμενώς την ποιότητα της εμπειρίας των παικτών . Στην πραγματικότητα, τα παιχνίδια cloud απαιτούν συνήθως μέγιστη καθυστέρηση δικτύου 80 ms, προϋπόθεση που μπορεί να καλύψει μόνο το 70% των τελικών χρηστών [2].

Στη δεύτερη κατηγορία, ο διακομιστής παιχνιδιών δεν είναι πλέον υπεύθυνος για την εκτέλεση της λειτουργίας απόδοσης, όπως η κωδικοποίηση βίντεο, η ροή βίντεο και η αποκωδικοποίηση βίντεο [11]. Αντίθετα, η εντολή προβολής αποστέλλεται στο τερματικό του παιχνιδιού με λογική παιχνιδιών και το τερματικό αποδίδει και εμφανίζει το παιχνίδι τοπικά. Αυτό το σχήμα ονομάζεται τοπική απόδοση GaaS (LR-GaaS). Αν και αυτό το σχέδιο μειώνει το κόστος δικτύου για τους παρόχους υπηρεσιών παιχνιδιών με τη μείωση του φόρτου εργασίας του δικτύου, το τερματικό πρέπει να πληροί τις συγκεκριμένες απαιτήσεις υλικού ώστε να είναι σε θέση να μετατρέψει τα πλαίσια βίντεο παιχνιδιών σε τοπικό επίπεδο.

Στην τρίτη κατηγορία, ένα σύστημα γνωστικής κατανομής πόρων GaaS θεωρείται ως η αρχιτεκτονική του Cloud Gaming. Σε αυτή τη δομή, ορισμένες από τις υπολογιστικές λειτουργίες μπορούν να εκτελεστούν στην πλευρά του διακομιστή ή στην πλευρά του πελάτη με βάση τις συνθήκες δικτύου, πελάτη και διακομιστή. Με άλλα λόγια, αυτή η αρχιτεκτονική επιτρέπει στο σύστημα Cloud Gaming να επιλέγει τους βέλτιστους συνδυασμούς εξαρτημάτων ανάλογα με την κατάσταση του συστήματος. Για παράδειγμα, τα γνωστά εμπορικά συστήματα G-cluster Global Corporation, Gaikai, LiquidSky, OnLive, Playcast Media Systems, StreamMyGame και Google Stadia χρησιμοποιούν το σύστημα RR-GaaS ως αρχιτεκτονική παιχνιδιών cloud.

Στο σύστημα RR-GaaS, τα παιχνίδια τρέχουν στο cloud, δηλαδή οι εντολές των παικτών στέλνονται στον cloud server και λαμβάνονται οι κατάλληλες ενέργειες από τη μηχανή του παιχνιδιού, ώστε να παράγει τα αντίστοιχα πλαίσια βίντεο, που παράγονται από μια GPU και κωδικοποιούνται από έναν κωδικοποιητή βίντεο. Στη συνέχεια, τα συμπιεσμένα πλαίσια στέλνονται στους παίκτες μέσω του δικτύου και τελικά αποκωδικοποιούνται και αναπαράγονται σε συσκευές thin-client. Όλα τα παραπάνω βήματα μπορούν να επιβάλουν πρόσθετη λανθάνουσα κατάσταση στα συστήματα Cloud Gaming. Ειδικότερα, έχει προταθεί ένα ευρύ φάσμα τεχνικών για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων λανθάνουσας κατάστασης. Οι περισσότερες από αυτές τις τεχνικές εστιάζουν στην επεξεργασία του παιχνιδιού και την επικοινωνία των δεδομένων παιχνιδιού μέσα στο cloud και μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες [3]:

1. Υπολογιστικές μέθοδοι για βελτιστοποίηση της επεξεργασίας παιχνιδιών σε διακομιστές κέντρων δεδομένων (π.χ. επεξεργασία λογικών παιχνιδιών, αναπαραγωγή βίντεο, κωδικοποίηση βίντεο και ροή βίντεο).

2. Μέθοδοι δικτύου για τη βελτίωση της διανομής του βίντεο με ροή μέσα στο cloud.

2.1.3 Πλεονεκτήματα του Cloud Gaming

Το ενδιαφέρον για το Cloud Gaming αυξάνεται ραγδαία. Όπως δείχνει η ιστορία του ακόμη και οι μεγάλες εταιρίες τυχερών παιχνιδιών αρχίζουν να υιοθετούν το Cloud Gaming [2]. Οι παίκτες γίνονται πιο ανοιχτοί στην ιδέα να παίζουν παιχνίδια από μια απομακρυσμένη πηγή. Ειδικότερα, υπάρχουν πολλά οφέλη από το Cloud Gaming που κάνουν τη ζωή των παικτών πιο εύκολη [8]:

1. Δεν απαιτείται αναβάθμιση του hardware. Οι προγραμματιστές παιχνιδιών δημιουργούν τα παιχνίδια τους με βάση το πιο πρόσφατο και ισχυρότερο hardware για να βελτιώσουν την ποιότητα. Στην κλασική προσέγγιση των παιχνιδιών, οι παίκτες πρέπει να συμβαδίζουν με την αγορά παιχνιδιών αγοράζοντας τα πιο πρόσφατα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στο Cloud Gaming το ίδιο το παιχνίδι τρέχει σε έναν απομακρυσμένο cloud server. Αυτό καταργεί την αναγκαιότητα συνεχούς αναβάθμισης hardware και μειώνει σημαντικά το κόστος της αναπαραγωγής βιντεοπαιχνιδιών.

2. Υπάρχει η δυνατότητα για παιχνίδια σε διαφορετικές συσκευές. Το Cloud Gaming επιτρέπει την αναπαραγωγή παιχνιδιών σε διάφορες πλατφόρμες και συσκευές. Ακόμα και τα πιο απαιτητικά παιχνίδια μπορούν πλέον να παιχτούν από φορητούς υπολογιστές ή ακόμα και κινητά τηλέφωνα. Αυτό είναι πολύ ελκυστικό για εκείνους τους χρήστες που δεν έχουν την πολυτέλεια να έχουν ισχυρούς προσωπικούς υπολογιστές παιχνιδιών. Επιπλέον, παρέχει την ευκαιρία για αναπαραγωγή παιχνιδιών σε κάποιο ταξίδι.

3. Επιτρέπεται η η αναπαραγωγή περισσότερων παιχνιδιών. Καθώς η επιλογή των παιχνιδιών από τον χρήστη δεν περιορίζεται πλέον από το hardware που διαθέτει, παρέχεται η δυνατότητα για περισσότερα διαφορετικά παιχνίδια. Μερικοί πάροχοι Cloud Gaming προσφέρουν μια βιβλιοθήκη παιχνιδιών που περιλαμβάνονται στη μηνιαία συνδρομή.

4. Επιτρέπεται η εγκατάσταση σε διαφορετικές συσκευές κατά τη διάρκεια μιας συνδρομής. Ένα από τα χαρακτηριστικά του Cloud Gaming είναι η δυνατότητα εναλλαγής μεταξύ των συσκευών και η συνέχιση του παιχνιδιού σε άλλη. Για παράδειγμα, η Stadia, η πιο πρόσφατη πλατφόρμα παιχνιδιών της Google, επιτρέπει τη συνέχιση του παιχνιδιού αμέσως σε οποιαδήποτε συσκευή από το σημείο που ο χρήστης σταμάτησε να παίζει.

Επιπλέον, το Cloud Computing μπορεί να αποτελέσει λύση για μερικά από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές παιχνιδιών. Η εστίαση στο cloud μπορεί να λειτουργήσει ως πλεονέκτημα για τους προγραμματιστές. Οι λόγοι χρήσης και τα πλεονεκτήματα του Cloud Gaming για τους προγραμματιστές είναι οι εξής [3]:

1. Λιγότερα προβλήματα συμβατότητας λογισμικού / hardware. Αν οι προγραμματιστές δημιουργούν το παιχνίδι τους ειδικά για το cloud, απαλείφεται το ζήτημα της ασυμβατότητας λογισμικού και hardware. Δεν υπάρχει ανάγκη μεταφοράς των παιχνιδιών σε διαφορετικές πλατφόρμες, καθώς όλα τα παιχνίδια τρέχουν σε μία πλατφόρμα στον cloud server.

2. Μειωμένο κόστος παραγωγής. Για τους προαναφερόμενους λόγους, το κόστος παραγωγής μειώνεται. Χωρίς να χρειάζονται ξεχωριστές εκδόσεις του παιχνιδιού, οι προγραμματιστές εξοικονομούν ένα σημαντικό χρηματικό ποσό.

3. Αποφυγή της πειρατείας. Η πειρατεία είναι μία από τις μεγαλύτερες ανησυχίες των προγραμματιστών παιχνιδιών. Το Cloud Gaming αποτρέπει την πειρατεία, καθώς όλα τα παιχνίδια αποθηκεύονται με ασφάλεια στον cloud server και δεν μπορούν να μοιραστούν παράνομα.

Τα παραπάνω οφέλη δείχνουν τα πλεονεκτήματα του Cloud Gaming και τον λόγο για τον οποίο οι χρήστες και οι προγραμματιστές το θεωρούν ωφέλιμη πλατφόρμα παιχνιδιών.

2.1.4 Προκλήσεις του Cloud Gaming

Παρά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το Cloud Gaming, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να ξεπεράσουν οι πάροχοι παιχνιδιών για να παρέχουν την καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών [1]. Η πολυπλοκότητα της αρχιτεκτονικής των παιχνιδιών στο cloud προκαλεί ορισμένα ζητήματα που, χωρίς κατάλληλη εκτίμηση, ενδέχεται να υποβαθμίσουν την εμπειρία των χρηστών. Οι χρήστες αναμένουν υψηλής ποιότητας βίντεο και ταχύτητα απόκρισης από την εμπειρία του παιχνιδιού.

Σύμφωνα με τους Shea et al. [1] οι δύο κύριες προκλήσεις του Cloud Gaming είναι η καθυστέρηση του δικτύου και η κωδικοποίηση βίντεο. Η υψηλή λανθάνουσα διάρκεια του δικτύου μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις απόκρισης που δεν είναι ανεκτές σε ορισμένους τύπους παιχνιδιών. Διάφοροι τύποι παιχνιδιών έχουν διαφορετική ανοχή καθυστέρησης. Η ανοχή καθυστέρησης είναι ο μέγιστος χρόνος απόκρισης που μπορεί να ανεχθεί ο χρήστης πριν επηρεάσει την ποιότητα της εμπειρίας.

Οι καθυστερήσεις απόκρισης στα παιχνίδια πρώτου προσώπου ενδέχεται να επηρεάσουν τη διαδικασία του παιχνιδιού και να οδηγήσουν σε μειονέκτημα ενός παίκτη. Τα παιχνίδια πρώτου προσώπου συνήθως βασίζονται στην ενέργεια και το μέγιστο αποδεκτό όριο καθυστέρησης για αυτά είναι 100 χιλιοστά του δευτερολέπτου [7]. Η καθυστέρηση απόκρισης σε παιχνίδια τρίτου προσώπου, όπως τα παιχνίδια ρόλων (RPG), είναι λιγότερο σημαντική. Σε αυτόν τον τύπο παιχνιδιών, οι εντολές που εισάγει ο χρήστης εκτελούνται συνήθως από το avatar του παίκτη, μία φιγούρα που αντιπροσωπεύει τον παίκτη σε ένα βιντεοπαιχνίδι. Η καθυστέρηση πριν από την εκτέλεση της ενέργειας μπορεί να μην εμφανιστεί, καθώς ο χρήστης δεν αναμένει την άμεση ανταπόκριση. Ωστόσο, εάν το παιχνίδι υποχρεώνει τον παίκτη να περιμένει περισσότερα από 500 χιλιοστά του δευτερολέπτου και έχει αρνητικό αποτέλεσμα, μπορεί να είναι απογοητευτικό για τον παίκτη [7]. Ο τρίτος τύπος παιχνιδιών είναι ο πιο ανεκτικός στις καθυστερήσεις απόκρισης. Τα παιχνίδια στρατηγικής σε πραγματικό χρόνο μπορούν να έχουν μέγιστο όριο καθυστέρησης 1000 χιλιοστών του δευτερολέπτου χωρίς να υποβαθμίζουν την εμπειρία του παιχνιδιού [3]. Αυτά τα

παιχνίδια συνήθως εκτελούν πολλές εντολές ταυτόχρονα και δεν αναμένεται να επηρεάσουν άμεσα το παιχνίδι. Η μεγαλύτερη καθυστέρηση απόκρισης στα παιχνίδια RTS ενδέχεται να μην είναι ειδοποιήσεις από τον παίκτη [6].

Οι αναφερόμενες καθυστερήσεις αλληλεπίδρασης ισχύουν μόνο για την κλασική προσέγγιση του παιχνιδιού [7]. Τα παιχνίδια στο cloud καθιστούν το ζήτημα ακόμη πιο περίπλοκο, καθώς όλα τα παιχνίδια αποδίδονται από το cloud, γεγονός που σημαίνει ότι ενώ η κλασική καθυστέρηση απόκρισης παιχνιδιών ήταν σημαντική μόνο στα παιχνίδια για πολλούς παίκτες, σε καθυστερήσεις αλληλεπίδρασης Cloud Gaming συμβαίνουν ακόμη και σε παιχνίδια με έναν παίκτη.

Μια άλλη ανησυχία για το Cloud Gaming είναι η κωδικοποίηση βίντεο. Κατά τη διαδικασία του Cloud Gaming το βίντεο του παιχνιδιού μεταδίδεται από τον cloud server στον πελάτη και στον υπολογιστή του χρήστη. Το βίντεο πρέπει να κωδικοποιείται γρήγορα και να παραδίδεται στον πελάτη. Η κωδικοποίηση θα πρέπει να γίνει σε σχέση με ένα μικρό αριθμό πλαισίων, δεδομένου ότι τα καρέ που ακολουθούν δεν αποκτώνται μέχρι να γίνει η συγκεκριμένη ενέργεια στην πλευρά του πελάτη. Προκειμένου να αποφευχθεί η καθυστέρηση απόκρισης, η διαδικασία κωδικοποίησης πρέπει να είναι πολύ αποδοτική [7]. Ο κωδικοποιητής πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά προκειμένου να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ή η κωδικοποίηση σε πραγματικό χρόνο του Cloud Gaming [1].

2.1.5 Καθυστέρηση στο Cloud Gaming και μέθοδοι μείωσης της

Η καθυστέρηση είναι το πιο σημαντικό πρόβλημα που αφορά το Cloud Gaming σήμερα. Οι χρήστες τυχερών παιχνιδιών στο cloud έχουν μεγαλύτερες καθυστερήσεις σε σύγκριση με τους χρήστες των online και των παιχνιδιών σε κονσόλες. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση από τους χρήστες του Cloud Gaming εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο ρυθμός του παιχνιδιού, η εμπειρία των παικτών, τα είδη παιχνιδιών και ο τύπος της συσκευής παιχνιδιών (π.χ. επιφάνεια εργασίας, φορητός υπολογιστής ή smartphone). Για παράδειγμα, τα παιχνίδια First Person Shooter (FPS) είναι πιο ευαίσθητα σε καθυστέρηση σε σύγκριση με τα παιχνίδια στρατηγικής σε πραγματικό χρόνο (RTS) [10]. Επίσης, μια καθυστέρηση μικρότερη από 100 ms είναι ιδιαίτερα επιθυμητή για παιχνίδια με ρυθμούς υψηλής ενέργειας, ενώ 150 ms είναι το όριο καθυστέρησης για τα παιχνίδια με αργό ρυθμό [2]. Σε γενικές γραμμές, προηγούμενα έργα έχουν διαπιστώσει ότι μια καθυστέρηση άνω των 100 ms γίνεται αντιληπτή από τους παίκτες και έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα της εμπειρίας [12]. Επομένως, ιδανικά, το όριο καθυστέρησης του δικτύου θα πρέπει να οριστεί σε 80 ms για να υπολογίσει την πρόσθετη καθυστέρηση της επεξεργασίας των υπολογιστών σε διακομιστές παιχνιδιών [2].

Εκτός από την καθυστέρηση, ο αριθμός των παραλλαγών λανθάνουσας περιόδου, γνωστός ως jitter, έχει επίσης επιζήμιες επιπτώσεις στην ποιότητα της εμπειρίας των χρηστών. Σύμφωνα με

τον Zimring et al. [10] τα παιχνίδια cloud υποφέρουν από ένα πολύ υψηλότερο επίπεδο jitter σε σύγκριση με τα παιχνίδια κονσόλας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το jitter βρέθηκε να είναι ακόμη μεγαλύτερο από 100 ms στα cloud παιχνίδια. Ωστόσο, ένα jitter που ξεπερνά τα 70 ms έχει σημαντικό αρνητικό αποτέλεσμα στην ποιότητα της εμπειρίας των παικτών [12].

Σύμφωνα με τους Ahiska et al. [11] η συνολική καθυστέρηση της υπηρεσίας Cloud Gaming end-to-end που βιώνουν οι χρήστες αποτελείται από τρία στοιχεία: 1) playout, 2) το δίκτυο και 3) την καθυστέρηση του διακομιστή παιχνιδιών. Η καθυστέρηση της αναπαραγωγής είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο πελάτης για να αναπαράγει το συμπιεσμένο βίντεο μετά τη λήψη του από το cloud. Η καθυστέρηση των δικτύων αποτελείται από την καθυστέρηση του κέντρου δεδομένων και την καθυστέρηση του ISP (Internet Service Provider) μέσω του οποίου παρέχονται στους χρήστες οι υπηρεσίες του διαδικτύου. Η καθυστέρηση του διακομιστή είναι ο χρόνος που δαπανά ο διακομιστής παιχνιδιών για την επεξεργασία των εντολών των χρηστών, την απόδοση των αντίστοιχων πλαισίων βίντεο και τη συμπίεση τους.

Δεδομένου ότι η συνολική καθυστέρηση που βιώνουν οι χρήστες προέρχεται από διαφορετικές πηγές, οι προτεινόμενες τεχνικές για τη μείωση της καθυστέρησης μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει μεθόδους που βελτιώνουν τα στοιχεία του μηχανισμού παιχνιδιών και των κωδικοποιητών βίντεο μέσω τεχνικών στρέβλωσης εικόνας για εκτίμηση κίνησης, αντιστάθμιση προβολής και εξαγωγή πληροφοριών αντικειμένων για τη διευκόλυνση της συμπίεσης βίντεο [11]. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει μηχανισμούς παροχής πόρων δικτύου, τοποθέτησης VM και επιλογής διακομιστή. Παρόλο που υπάρχει ένα μεγάλο μέρος των εργασιών που καλύπτουν την πρώτη κατηγορία μεθόδων, τα συστήματα που εμπίπτουν στη δεύτερη κατηγορία είναι πιο κοντά στο έργο μας. Επομένως, σε αυτό το τμήμα, θα διερευνήσουμε περαιτέρω τις τελευταίες μεθόδους [3].

Έχουν προταθεί διάφορες ενέργειες για την άμβλυνση της καθυστέρησης μέσω της τοποθέτησης VM ή και της παροχής δυναμικού διακομιστή παιχνιδιών. Οι Jalaparti et al., πρότειναν ένα πλαίσιο στο οποίο παρακολουθείται συνεχώς η καθυστέρηση από άκρο σε άκρο κάθε διάρκειας παιχνιδιού. Μόλις φτάσει σε ένα κρίσιμο κατώτατο όριο, ο αντίστοιχος διακομιστής παιχνιδιών μετακινείται σε μια νέα βέλτιστη θέση για να μειώσει την καθυστέρηση από άκρο σε άκρο [3]. Ομοίως, ο Deng et al. [19] παρουσίασε μια λύση τοποθέτησης VM που στοχεύει στη μεγιστοποίηση του καθαρού κέρδους για τον πάροχο υπηρεσιών, παρέχοντας στους χρήστες ικανοποιητική ποιότητα εμπειρίας. Από την άποψη αυτή, προτάθηκε μια μέθοδος επιλογής διακομιστή από τους Zimring et al. [10], η οποία στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της καθυστέρησης από άκρο σε άκρο, εκχωρώντας τους βέλτιστους εξυπηρετητές σε μια ομάδα παικτών εντός της ίδιας γεωγραφικής περιοχής.

Όσον αφορά την αποτελεσματική αξιοποίηση DCNs, τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διεξήχθησαν από τους Deng et al. [19] σε DCN που περιλαμβάνει 150 inter-switches και 1500 servers, δείχνουν ότι παρά την ύπαρξη πολλών δικτυακών συνδέσεων, το 15% των καθυστερήσεων κράτησε για περισσότερο από 100 δευτερολέπτα.

2.2 Δίκτυα και είδη παιχνιδιών

Τα online παιχνίδια γενικά έχουν παρατηρηθεί ως ευαίσθητες σε καθυστέρηση εφαρμογές. Είναι σαφές ότι ο σχεδιασμός του παιχνιδιού επηρεάζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά κυκλοφορίας δικτύου [8]. Παρόλο που τα βασικά στοιχεία του σχεδιασμού παιχνιδιών είναι παρόμοια για τα περισσότερα παιχνίδια βίντεο, υπάρχουν κάποιες πτυχές σχεδιασμού που διαφέρουν από το ένα είδος στο άλλο (π.χ. προοπτική κάμερας). Οι Yates et al. [9] πρότειναν ένα γενικό πλαίσιο αξιολόγησης που προσδιορίζει τους παράγοντες επιρροής που σχετίζονται με τα παιχνίδια νέφους και έχουν αντίκτυπο στην ποιότητα της εμπειρίας των χρηστών. Ακολούθως, εντοπίστηκαν τα ακόλουθα τρία επίπεδα [8]: 1) οι παράγοντες επιρροής της ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας 2) πτυχές επιδόσεων της αλληλεπίδρασης χρήστη και συστήματος 3) χαρακτηριστικά της ποιότητας της εμπειρίας που σχετίζονται με τις διαδικασίες αντίληψης και κρίσης της τελικής χρήσης. Ο Colenbrander [13] έδειξε ότι ο σχεδιασμός του παιχνιδιού μπορεί να υπαγορεύει τους απαιτούμενους υπολογιστικούς και δικτυακούς πόρους και να επηρεάζει την ποιότητα των αντιλήψεων των χρηστών. Επιπλέον, εισήγαγε δύο δείκτες που σχετίζονται άμεσα με τις παραμέτρους ποιότητας της υπηρεσίας: ο μέσος όρος του κωδικοποιημένου μεγέθους μπλοκ (IBS) και το ποσοστό των εμπρόσθιων / οπίσθιων ή κωδικοποιημένων PFIM για τη μέτρηση της πολυπλοκότητας της σκηνής και της ποσότητας κίνησης σε διαφορετικά σχέδια παιχνιδιών. Οι Shea et al. [1] κατέδειξαν τη σχέση μεταξύ του είδους παιχνιδιού και των χαρακτηριστικών του δικτύου. Οι Huang et al. [2] έδειξαν την επίδραση του είδους παιχνιδιού στην αντιληπτή ποιότητα της εμπειρίας υπό τις ίδιες συνθήκες δικτύου.

Εκτός από το είδος παιχνιδιού, πολλοί άλλοι παράγοντες συμβάλλουν στην μέγιστη ανεκτή καθυστέρηση [1]. Για παράδειγμα, οι έμπειροι χρήστες είναι πιο ευαίσθητοι σε καθυστέρηση σε σύγκριση με τους αρχάριους χρήστες. Σε γενικές γραμμές, για μια υψηλή ποιότητα της εμπειρίας, η καθυστέρηση του δικτύου πρέπει να είναι κάτω από 100 ms [13].

2.3 Ποιότητα της εμπειρίας και το Cloud Gaming

Ο καθορισμός και η διατήρηση μιας αποδεκτής ποιότητας εμπειρίας στις υπηρεσίες Cloud Gaming δεν είναι πάντα μία εύκολη υπόθεση. Όπως εξηγείται στο Franco et al., (2019), το Cloud Gaming θεωρείται ως μια εξαιρετικά διαδραστική υπηρεσία ψυχαγωγίας πολυμέσων. Δεδομένου ότι η τηλεοπτική σκηνή παιχνιδιών πρέπει να παραχθεί και να μεταδοθεί στους παίκτες με χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση και υψηλή απόδοση για να εξασφαλίσει μια καλή εμπειρία παιχνιδιού, το Cloud Gaming είναι μία από τις πιο σύνθετες υπηρεσίες πολυμέσων τόσο για τους παρόχους όσο και για τους χρήστες. Επιπλέον, η αξιολόγηση της ποιότητας της εκδήλωσης και η μέτρηση σε εφαρμογές πολυμέσων (π.χ. cloud gaming) είναι δύσκολο έργο καθώς η αξιολόγηση περιλαμβάνει έναν αριθμό υποκειμενικών παραγόντων (π.χ. τη διάθεση του χρήστη ή την

ανταπόκριση του συστήματος), σε αντίθεση με τις κλασσικές πλατφόρμες αξιολόγησης της ποιότητας των υπηρεσιών, οι οποίες είναι ως επί το πλείστον επικεντρωμένες στο δίκτυο [12].

Οι Zimring et al. [10] πρότειναν ένα γενικό πλαίσιο αξιολόγησης που προσδιορίζει τους παράγοντες επιρροής που σχετίζονται με τα τυχερά παιχνίδια και έχουν αντίκτυπο στην ποιότητα της εμπειρίας. Οι ίδιοι ερευνητές αναγνωρίζουν τα ακόλουθα τρία επίπεδα: 1) τους παράγοντες επιρροής της ποιότητας υπηρεσίας, 2) τις πτυχές επιδόσεων χρήστη και συστήματος αλληλεπίδρασης, 3) τα χαρακτηριστικά της ποιότητας της εμπειρίας που σχετίζονται με τις διαδικασίες αντίληψης και κρίσης της τελικής χρήσης.

Οι Jarschel et al. [14] διερεύνησαν την αντιληπτή Ποιότητα της Εμπειρίας των χρηστών υπό διαφορετικές συνθήκες δικτύου (π.χ. καθυστέρηση δικτύου και απώλεια δεδομένων) και περιβάλλοντα, όπως τα είδη παιχνιδιών και τις ικανότητες των παικτών στο Cloud Gaming, και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε ταχείς ρυθμούς παιχνιδιών, η συνιστώσα καθυστέρησης καθίσταται η κυρίαρχη μετρική που επηρεάζει την ποιότητα της εμπειρίας των χρηστών. Δυστυχώς, η βασική καθυστέρηση του συστήματος δεν μετρήθηκε στη μελέτη. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα όρια λανθάνουσας απόστασης που βρέθηκαν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για να ορίσουν όρια σε αποδεκτές λανθάνοντες από άκρο σε άκρο.

Στο Huang et al. [2] οι συγγραφείς αξιολόγησαν την επίδραση διαφόρων παραγόντων (π.χ. τον τύπο του παιχνιδιού, το μέγεθος της οθόνης και την καθυστέρηση του δικτύου) στην αντιληπτή Ποιότητα της Εμπειρίας του Cloud Gaming. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι το μέγεθος της επίδειξης έχει σημαντικό αντίκτυπο στη συνολική ποιότητα. Για καθυστέρηση, ο αντίκτυπος είναι πιο ετερογενής από το μέγεθος της οθόνης, καθώς εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο οι λανθάνοντες χρόνοι του δικτύου επηρεάζουν τους κανόνες παιχνιδιού και την οπτική απόδοση. Σε μια άλλη μελέτη των Chen et al. [5] οι συγγραφείς παρατήρησαν την επίδραση των διαφορετικών δικτύων (π.χ., συνθήκες καθυστέρησης και απώλειας) στην ποιότητα της εκδήλωσης για τυχερά παιχνίδια στο σπίτι. Χρησιμοποίησαν το GamingAnyWhere ως πλατφόρμα Cloud Gaming και τα αποτελέσματα της υποκειμενικής τους δοκιμής έδειξαν ότι ενώ η καθυστέρηση και η απώλεια δεδομένων έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στην ποιότητα του παιχνιδιού, η μείωση της ποιότητας της εμπειρίας που προκαλείται από την καθυστέρηση και την απώλεια, ακόμη και όταν οι υποβαθμίσεις του δικτύου είναι υψηλές, δεν είναι σοβαρές.

Οι Chen et al. [5] διεξήγαγαν μια μελέτη χρηστών για να αξιολογήσουν την ικανοποίηση των χρηστών από το Cloud Gaming για κινητά και επιτραπέζιους υπολογιστές. Τα πειράματά τους αποκάλυψαν σημαντικά γεγονότα σχετικά με την ποιότητα της εκδήλωσης των παικτών. Πρώτον, οι παίκτες είναι πιο ικανοποιημένοι με την ποιότητα των γραφικών σε κινητές συσκευές, ενώ είναι περισσότερο ικανοποιημένοι με την ποιότητα ελέγχου στους επιτραπέζιους υπολογιστές. Δεύτερον, το bitrate, ο ρυθμός καρέ και η καθυστέρηση του δικτύου επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα γραφικών και την ομαλότητα και τρίτον, η ποιότητα εξαρτάται μόνο από τον τύπο του πελάτη (κινητό έναντι επιφάνειας εργασίας).

Οι συγγραφείς Shea et al. [1] αξιολόγησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της εκδήλωσης των χρηστών για παιχνίδια στο cloud και σε ένα κυψελοειδές δίκτυο. Εισήγαγαν το Game Mean Score (GMOS), το οποίο είναι μια συνάρτηση του είδους παιχνιδιών, του ρυθμού των καρέ, της καθυστέρησης απόδοσης, της καθυστέρησης της κωδικοποίησης, της καθυστέρησης του δικτύου και της απώλειας πακέτων για να διαμορφώσει την ποιότητα της εκδήλωσης.

2.4 Προβλήματα και προκλήσεις στο Cloud Gaming

Παρόλο που τα παιχνίδια cloud παρουσιάζουν μεγάλα πλεονεκτήματα τόσο για τους προγραμματιστές παιχνιδιών όσο και για τους παίκτες, βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο, καθώς εξακολουθούν να υπάρχουν μερικές σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά την εκτεταμένη ανάπτυξη. Καθώς η ζωντανή ροή βίντεο με χαμηλή καθυστέρηση και η απόδοση τρισδιάστατων επιδόσεων είναι βασικοί παράγοντες για να εξασφαλιστεί η επιτυχία του παιχνιδιού στο cloud, πρέπει να εξασφαλιστούν δύο χαρακτηριστικά απόδοσης, η χαμηλή καθυστέρηση απόκρισης και η υψηλή ποιότητα βίντεο στο Cloud Gaming.

Ενώ εκτελούνται παιχνίδια στο cloud, ένα σύστημα Cloud Gaming πρέπει να συλλέγει εντολές από τους παίκτες, να τις επεξεργάζεται, να κωδικοποιεί, να συμπιέζει και να μεταδίδει τα αποτελέσματα (σκηνές παιχνιδιών) πίσω στους παίκτες. Για να εξασφαλιστεί η διαδραστικότητα, όλες αυτές οι λειτουργίες πρέπει να ολοκληρωθούν μέσα σε μερικές εκατοντάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου [11]. Η καθυστέρηση που προκαλείται από αυτές τις λειτουργίες ονομάζεται καθυστέρηση απόκρισης, η οποία μπορεί να χωριστεί σε τρία στοιχεία [2]:

- Καθυστέρηση Επεξεργασίας (PD): Ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει ο διακομιστής του παιχνιδιού την εντολή ενός παίκτη, να το επεξεργαστεί και να στείλει τις αντίστοιχες σκηνές κωδικοποίησης πίσω στη συσκευή αναπαραγωγής.
- Καθυστέρηση αναπαραγωγής (OD): Ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει ο πελάτης, να αποκωδικοποιήσει και να προβάλει ένα πλαίσιο στην οθόνη.
- Καθυστέρηση δικτύου (ND): Ο χρόνος που απαιτείται για ένα γύρο ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ του διακομιστή και του προγράμματος-πελάτη. Συνήθως αναφέρεται ως χρόνος γύρου του δικτύου (RTT).

Μελέτες παραδοσιακών συστημάτων τυχερών παιχνιδιών κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα διαφορετικά είδη παιχνιδιών έχουν διαφορετικά όρια απόκρισης [3]. Η Εικόνα 12 συνοψίζει τις μέγιστες καθυστερήσεις που μπορεί να ανεχθεί ένας παίκτης για τρεις δημοφιλείς κατηγορίες παιχνιδιών. Παρόλο που η ανοχή καθυστέρησης απάντησης της πλατφόρμας τυχερών παιχνιδιών διακομιστή / πελάτη είναι παρόμοια με εκείνη του Cloud Gaming, υπάρχει μια κρίσιμη διάκριση μεταξύ αυτών των δύο τύπων πλατφόρμων παιχνιδιών. Τα παραδοσιακά συστήματα τυχερών

παιχνιδιών σε απευθείας σύνδεση μειώνουν συχνά την καθυστέρηση απόκρισης με την προ-απόδοση μιας ενέργειας εν μέρει στο τοπικό σύστημα του παίκτη πριν από την επεξεργασία μιας αντίστοιχης εντολής στο διακομιστή παιχνιδιών. Ωστόσο, ένας thin client στο Cloud Gaming δεν είναι σε θέση να μειώσει την καθυστέρηση απόκρισης υιοθετώντας μια τέτοια τεχνική αφού καμία από τις εντολές δεν μπορεί να χειριστεί ο πελάτης.

Μοντέλο	Παραδείγματα	Ευαισθησία	**Καθυστέρηση (ms)**
Avatar -first person	First person shooter, Racing	High	100
Avatar Third person	Role playing games	Medium	500
Omnipresent	Real time strategy	Low	1.000

Πίνακας 1: Καθυστέρηση στο Cloud Gaming

Ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα του Cloud Gaming είναι η ποιότητα της εικόνας, η οποία αναφέρεται στη μέτρηση της υποτιθέμενης υποβάθμισης του βίντεο στην πλευρά του πελάτη, σε σύγκριση με το αρχικό παιχνίδι στην πλευρά του διακομιστή [12]. Καθώς οι σκηνές των παιχνιδιών κωδικοποιούνται / συμπιέζονται και αποκωδικοποιούνται / αποσυμπιέζονται στον εξυπηρετητή παιχνιδιών και στην οθόνη του πελάτη αντίστοιχα, μπορεί να υπάρξει κάποια απώλεια δεδομένων που προκαλείται από τον κωδικοποιητή / αποκωδικοποιητή και το δίκτυο, γεγονός που υποβαθμίζει την ποιότητα της εικόνας. Είναι κρίσιμο να επιλεχθεί ένας εξαιρετικός κωδικοποιητής / αποκωδικοποιητής βίντεο για το Cloud Gaming, καθώς πρέπει να κωδικοποιεί / συμπιέζει γρήγορα τα εισερχόμενα πλαίσια εικόνων και να τα διανέμει στους τελικούς χρήστες. Τα παιχνίδια στο cloud πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις συνθήκες δικτύου κατά το χειρισμό της ροής βίντεο και της κωδικοποίησης δεδομένου ότι ορισμένοι παράγοντες δικτύου, συμπεριλαμβανομένης της καθυστέρησης, του jitter, της απώλειας πακέτων και της αναδιάταξης πακέτων, ενδέχεται να επηρεάσουν την ποιότητα της εικόνας [11]. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται έγκαιρα πλαίσια βίντεο και πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ανάπτυξη μιας πλατφόρμας Cloud Gaming.

2.5 Συστήματα και πλατφόρμες Cloud Gaming

Εκτός από την πλατφόρμα Uniquitous πάνω στην οποία βασίστηκε η υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας υπάρχουν και άλλες πλατφόρμες που προσφέρουν στους χρήστες εκτός από έτοιμα προς χρήση παιχνίδια μία σειρά από πακέτα και εργαλεία για να δημιουργήσει κάποιος το δικό του Cloud παιχνίδι. Μια ιδιαίτερα γνωστή πλατφόρμα αυτού το είδους είναι και το GamingAnywhere.

Το GamingAnywhere είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης παιχνιδιών νέφους η οποία έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική καθώς χρησιμοποιεί μεθόδους

μειώνουν τον χρόνο αλλά και τον απαιτούμενο χώρο. Οι μεθόδοι αυτοί επιτρέπουν στην συγκεκριμένη πλατφόρμα να προσφέρει υψηλής ποιότητας εμπειρία κατά την διάρκεια του παιχνιδιού καθώς εξασφαλίζει μικρή καθυστέρηση απόκρισης και υψηλή ποιότητα εικόνας ταυτόχρονα. Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας GamingAnywhere είναι τα εξής [2]:

- Επεκτασιμότητα: Το GamingAnywhere έχει υιοθετήσει ένα καινοτόμο σχέδιο με βάση το οποίο τα εξαρτώμενα απο την πλατφόρμα στοιχεία όπως η λήψη ήχου και βίντεο αλλά και τα ανεξάρτητα από την πλατφόρμα στοιχεία όπως τα πρωτόκολλα δικτύου και οι αποκωδικοποιητές μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν ή να αντικατασταθούν.

- Φορητότητα: Οι κινητές συσκευές αποτελούν ακόμα τους πιο δυνητικούς πελάτες των Cloud υπηρεσιών.Οι δημιουργοί της πλατφόρμας GamingAnywhere έχουν μεριμνήσει για το συγκεκριμένο θέμα προσφέροντας την δυνατότητα και στις κινητές συσκευές να χρησιμοποιούν την πλατφόρμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο διακομιστής υποστηρίζει Windows, Linux και OS X, ενώ ο πελάτης Windows, Linux, OS X και Android.

- Συμβατότητα: Ο χρήστης μπορεί να διεξάγει πειράματα για την ροή των πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, δοκιμάζοντας διαφορετικές παραμέτρους συστήματος. Επίσης, η πλατφόρμα εκθέτει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα, ώστε να είναι δυνατή η δοκιμή των καλύτερων συνδυασμών παραμέτρων.

- Διαφάνεια: Το GamingAnywhere είναι διαθέσιμο δωρεάν στο διαδίκτυο για ακαδημαϊκή χρήση ενώ οι ερευνητές-προγραμματιστές πρέπει να ακολουθήσουν τους όρους-άδεις χρήσης.

Το Cloud Gaming έχει κερδίσει μεγάλο ενδιαφέρον από τη βιομηχανία των παιχνιδιών και αρκετές εταιρείες έχουν παράσχει ή ισχυρίζονται ότι προσφέρουν υπηρεσίες Cloud Gaming. Κολοσσοί όπως η Google, η Apple, η Sony και η Microsoft έχουν εκφράσει το ενδιαφέρον τους για τον χώρο του Cloud Gaming. Η Google είναι στην πρώτη γραμμή με την ύπαρξη της νέας της πλατφόρμας με video games συνεχούς ροής με το όνομα Stadia η οποία αντιπροσωπεύει την έφοδο της εταιρίας στο σύμπαν των παιχνιδιών νέφους ενώ αναλυτές έχουν εκτιμήσει πως το Cloud Gaming έχει κερδίσει έδαφος χάρη στη νέα πρωτοβουλία του αμερικάνικου κολοσσού. Η Gaikai, η οποία ιδρύθηκε το 2008 και αποκτήθηκε από την Sony Computer Entertainment το 2012, είναι ένας από τους πρωτοπόρους στις υπηρεσίες Cloud Gaming. Έχει αναπτύξει μια υψηλής ποιότητας, γρήγορη διαδραστική πλατφόρμα streaming cloud, η οποία είναι σε θέση να παρέχει γρήγορα παιχνίδια και άλλο διαδραστικό περιεχόμενο στους πελάτες σε όλο το Διαδίκτυο. Ένα μειονέκτημα της Gaikai, ωστόσο, είναι ότι δεν υποστηρίζει τη χρήση συσκευών όπως ψηφιακές τηλεοράσεις ή tablet ως συσκευές πελάτη. Η Onlive Game Service, η οποία κυκλοφόρησε από την εταιρία Onlive τον Ιούνιο του 2010, είναι ένα άλλο εμπορικό προϊόν τυχερού παιχνιδιού cloud. Κάνει τις διαδραστικές εφαρμογές πλούσιες σε γραφικά να είναι διαθέσιμες σε συνδεδεμένες συσκευές όπως υπολογιστές, φορητούς υπολογιστές και tablet. Επιπλέον, ο κωδικοποιητής H.264 είναι

διαμορφωμένος ώστε να μπορεί να αρπάξει τα πλαίσια βίντεο υψηλής ανάλυσης από κάθε GPU που εκτελείται στους διακομιστές τους. Παράλληλα, χρησιμοποιεί εικονικές μηχανές σε ειδικά διαμορφωμένους διακομιστές με GPU για να προσφέρει δύο ροές, τη ζωντανή ροή και τη ροή πολυμέσων για κάθε παιχνίδι. Η ζωντανή ροή είναι βελτιστοποιημένη για το πραγματικό παιχνίδι, ενώ η ροή των μέσων χρησιμοποιείται από τους παίκτες για την καταγραφή και την ανασκόπηση των ακολουθιών των παιχνιδιών τους. Το Stream My Game είναι ένα παρόμοιο σύστημα με το Onlive. Πρόκειται για μια λύση ροής παιχνιδιών μόνο λογισμικού που επιτρέπει στα παιχνίδια με Microsoft Windows να παίζονται εξ ΄αποστάσεως σε συσκευές Windows και Linux. Και τα δύο αυτά συστήματα έχουν κερδίσει επιτυχία με πολλαπλά εκατομμύρια χρήστες. Παρόλα αυτά, καθώς είναι και τα δύο κλειστά συστήματα, η αρχιτεκτονική και ο σχεδιασμός αυτών των συστημάτων δεν είναι διαθέσιμα προς μελέτη.

Αντί να αναπτύξει εμπορικές πλατφόρμες τυχερών παιχνιδιών cloud, η Nvidia κυκλοφόρησε δύο πλακέτες γραφικών cloud, GRID K340 και 520, και ένα κιτ ανάπτυξης λογισμικού που ονομάζεται GRID SDK για να βοηθήσει στη δημιουργία συστημάτων τυχερού παιχνιδιού cloud. Το GRID SDK επιτρέπει την γρήγορη λήψη και συμπίεση της επιφάνειας εργασίας ή την απόδοση στόχων από κάρτες γραφικών Nvidia ή εικονικές GPU. Το GRID SDK αποτελείται κυρίως από δύο στοιχεία, το NVIFR και το NVFBC. Το NVIFR συλλαμβάνει και προαιρετικά κωδικοποιεί το H.264 από συγκεκριμένο στόχο ανίχνευσης, ενώ η NVFBC συλλαμβάνει και προαιρετικά το H.264 κωδικοποιεί ολόκληρη την ορατή επιφάνεια εργασίας. Όλα τα δημιουργημένα πλαίσια αποστέλλονται πίσω σε απομακρυσμένες εφαρμογές σε μορφή raw ή H.264. Επομένως, το K340 είναι εξοπλισμένο με τέσσερις GPU Kepler entry level, καθένα από τα οποία έχει 384 CUDA πυρήνες και 1 GB μνήμη DDR-5, ενώ το K520 είναι διαμορφωμένο με δύο GPUs υψηλού επιπέδου Kepler, καθένα από τα οποία έχει 1536 πυρήνες CUDA και 4 GB μνήμης βίντεο. Και οι δύο αυτές μονάδες GPU χρησιμοποιούνται για τη ροή παιχνιδιών καταναλωτών. Το GRID K340 έχει σχεδιαστεί για σενάρια παιχνιδιών υψηλής πυκνότητας και υποστηρίζει το μέγιστο αριθμό ταυτόχρονων χρηστών με υψηλή απόδοση ταυτόχρονης κωδικοποίησης. Το GRID K520 είναι σχεδιασμένο να είναι μια GPU υψηλής απόδοσης για σενάρια παιχνιδιών υψηλής απόδοσης. Το GRID K520 έχει επιλεγεί ως τυπικό στοιχείο στις περιπτώσεις του Amazon EC2 G2, οι οποίες είναι παρουσίες τύπου Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) σχεδιασμένες για εφαρμογές που απαιτούν δυνατότητες 3D γραφικών. Μια προσαρμοσμένη πλατφόρμα παιχνιδιών cloud μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας αυτόν τον τύπο παρουσίας και το GRID SDK.

Το Cloud Gaming έχει επίσης μελετηθεί καλά στη βιβλιογραφία και έχουν προταθεί ορισμένα συστήματα τυχερών παιχνιδιών ανοικτού κώδικα. Αυτά τα συστήματα μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: (1) τη ροή τρισδιάστατων γραφικών, (2) τη ροή αρχείων και (3) τη ροή βίντεο. Η κύρια διαφορά μεταξύ αυτών των τριών προσεγγίσεων είναι ο τρόπος με τον οποίο κατανέμουν το φόρτο εργασίας για το διακομιστή παιχνιδιών και τον πελάτη.

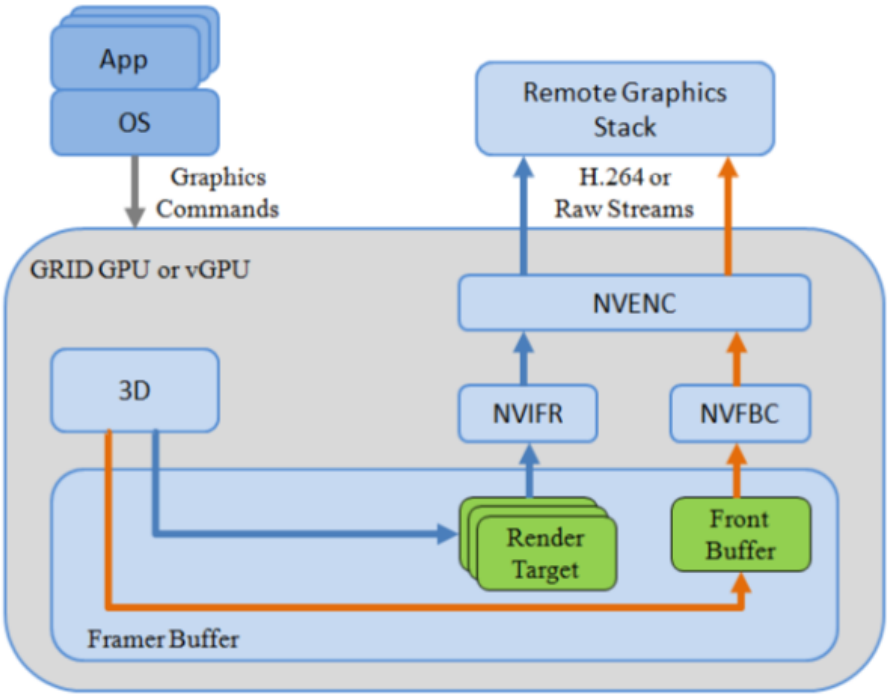
Οι πρώτες προσπάθειες στα συστήματα παιγνίων (Ahiska et al. [11]) υιοθέτησαν μια προσέγγιση 3D streaming για την παροχή δεδομένων μεταξύ του διακομιστή παιχνιδιών και του λεπτού

πελάτη. Με αυτήν την προσέγγιση, ο διακομιστής Cloud Gaming είναι μόνο υπεύθυνος για την παρακολούθηση, τη συμπίεση και την αποστολή εντολών γραφικών στον πελάτη, ενώ ο πελάτης πρέπει να αποδίδει σκηνές παιχνιδιών χρησιμοποιώντας τοπικούς πόρους GPU. Επομένως, η φυσική GPU στον πελάτη πρέπει να είναι αρκετά ισχυρή ώστε να παρέχει σκηνές παιχνιδιών με εγγύηση υψηλής ποιότητας και σε πραγματικό χρόνο [11]. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στον εξυπηρετητή παιχνιδιών να χειρίζεται περισσότερους πελάτες, καθώς έχει μόνο ελαφρύ φόρτο εργασίας. Παρόλα αυτά, δεδομένου ότι μια τέτοια μέθοδος αποδίδει σχεδόν όλο το φόρτο εργασίας στον λεπτό πελάτη, είναι λιγότερο κατάλληλη για συσκευές χαμηλής κλίμακας και λιγότερο ελκυστική για τους χρήστες.

Παρόμοια με τη ροή 3D γραφικών, ο πελάτης πρέπει επίσης να τρέχει παιχνίδια τοπικά στην προσέγγιση streaming αρχείων. Μόλις επιλεγεί ένα παιχνίδι, μια μικρή μερίδα κώδικα μεταφορτώνεται στην τοπική συσκευή, η οποία επιτρέπει στον παίκτη να αρχίσει αμέσως να παίζει το παιχνίδι. Στη συνέχεια, το υπόλοιπο του κώδικα κατεβάζεται γρήγορα κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού. Επιπλέον, οι εργασίες με έντονη υπολογιστική ισχύ μπορούν να εκφορτωθούν στο cloud για την ομαλή λειτουργία του παιχνιδιού. Πρόσφατα, οι υπηρεσίες αρχειοθέτησης αρχείων καθίστανται δημοφιλή λόγω της επεκτασιμότητας τους και της οικονομικής τους τιμής. Για παράδειγμα, το Kalydo cloud gaming παρέχει έξυπνες και επεκτάσιμες εργαλειοθήκες για τους τελικούς χρήστες για να προσαρμόσουν το περιβάλλον παιχνιδιών τους και έχει εξυπηρετήσει 50 εκατομμύρια συνεδρίες σε περισσότερες από δεκαπέντε χώρες [14].

Στην προσέγγιση ροής βίντεο, ο διακομιστής cloud επεξεργάζεται τις εντολές παιχνιδιών που λαμβάνονται από τους πελάτες, μετατρέπει τις σκηνές παιχνιδιών σε 2D βίντεο, κωδικοποιεί και συμπιέζει τα βίντεο και τις μεταφέρει στον πελάτη [15]. Ο πελάτης σε μια τέτοια προσέγγιση χρειάζεται μόνο να αποκωδικοποιήσει, να αποσυμπιέσει και να εμφανίσει ροές βίντεο. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδανική για συσκευές με περιορισμένη χρήση πόρων και απαλλάσσει τους χρήστες από την απόδοση τρισδιάστατων γραφικών σε υπολογιστικές εφαρμογές [10]. Επιπλέον, καθώς η ροή βίντεο είναι ανεξάρτητη από τη GPU, ο πελάτης μπορεί εύκολα να μεταφερθεί σε διαφορετικές πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων εκείνων με GPU χαμηλής δυναμικότητας, όπως τα tablet και τα έξυπνα τηλέφωνα [14]. Ένα αντιπροσωπευτικό σύστημα Cloud Gaming που αναπτύχθηκε από την ερευνητική κοινότητα είναι το GamingAnyWhere, με την αρχιτεκτονική που απεικονίζεται στην Εικόνα 4. Υπάρχουν δύο τύποι ροών στο GamingAnyWhere: η ροή δεδομένων και η ροή ελέγχου. Η ροή δεδομένων χρησιμοποιείται για τη ροή πλαισίων ήχου και βίντεο από διακομιστές παιχνιδιών στους πελάτες, ενώ η ροή ελέγχου χρησιμοποιείται για την αποστολή ενεργειών παικτών από τους πελάτες στους διακομιστές των παιχνιδιών. Με τη λήψη των μηνυμάτων ελέγχου από ένα χρήστη, ο διακομιστής παιχνιδιών αντιπροσωπεύει το χρήστη για να παίξει ένα παιχνίδι σύμφωνα με τις εντολές που λαμβάνονται, και στη συνέχεια εκπέμπει σκηνές παιχνιδιών. Σε αυτή την περίπτωση, ο διακομιστής GA είναι υπεύθυνος για το χειρισμό όλων των γραφικών συναλλαγών, ενώ ο πελάτης GA πρέπει μόνο να αποδώσει σκηνές παιχνιδιών που δημιουργούνται από το διακομιστή GA. Το GamingAnyWhere είναι μια πλατφόρμα παιχνιδιών cloud ανοικτού κώδικα, με χαρακτηριστικά υψηλής εκτατότητας, φορητότητας και

επαναπροσδιορισμού. Επί του παρόντος, υποστηρίζει Windows, Linux και OS X και μπορεί να μεταφερθεί σε iPhone και Android. Χάρη στο άνοιγμά της, οι πωλητές υπηρεσιών και οι ερευνητές μπορούν να προσαρμόσουν το GamingAnyWhere για να καλύψουν τις ειδικές ανάγκες τους.



Εικόνα 4: Η αρχιτεκτονική του GRID SDK

2.6 Απόδοση στο Cloud Gaming

Οι δυνατότητες και οι επιδόσεις του Cloud Gaming έχουν μελετηθεί σχετικά πρόσφατα. Οι Lee et al. [4] εξέτασαν τη σκοπιμότητα τριών δημοφιλών κατηγοριών παιχνιδιών, συγκεκριμένα, shooter πρώτου προσώπου (FPS), παιχνίδια ρόλων (RPG) και παιχνίδια δράσης σε συστήματα Cloud Gaming. Η αξιολόγηση που διενήργησαν έδειξαν κάποια είδη παιχνιδιών, όπως τα shooter πρώτου προσώπου, τα οποία απαιτούν αυστηρά χαμηλή καθυστέρηση απόκρισης, δεν είναι ρεαλιστικά να αναπτυχθούν στα τρέχοντα συστήματα Cloud Gaming. Η έρευνα που διεξήγαγε ο Shea [1] συνοψίζει το σχεδιασμό πλαισίου, τα ζητήματα και τις προκλήσεις του Cloud Gaming. Επίσης, έγινε μέτρηση της απόδοσης του Onlive με διαφορετικούς τύπους παιχνιδιών όσον αφορά την καθυστέρηση της αλληλεπίδρασης και την ποιότητα streaming [14]. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν τις δυνατότητες του Cloud Gaming, καθώς και τις κρίσιμες προκλήσεις σχετικά με την εκτεταμένη ανάπτυξη. Ειδικότερα, διαπίστωσαν ότι το σύστημα Onlive κατόρθωσε να διατηρήσει την καθυστέρηση αλληλεπίδρασης κάτω από 200 ms όταν η καθυστέρηση του δικτύου ήταν 50 ms. Ωστόσο, όταν η καθυστέρηση δικτύου υπερβαίνει τα 50 ms, η καθυστέρηση της αλληλεπίδρασης μπορεί να εμποδίσει την εμπειρία του χρήστη. Επιπλέον, η ποιότητα της εικόνας μειώθηκε απότομα όταν το εύρος ζώνης μεταφόρτωσης δικτύου ήταν μικρότερο από 10

Mb / s. O Choy et al. [3] παρουσίασε μια λεπτομερή μελέτη των χαρακτηριστικών του δικτύου της Onlive στην οποία μετριέται με ακρίβεια η κίνηση του παιχνιδιού Onlive για διάφορα είδη παιχνιδιών. Αναλύθηκαν τα bit rates, τα μεγέθη των πακέτων και οι χρόνοι μεταξύ των πακέτων τόσο για την ανάρτηση όσο και για τη μεταγενέστερη ροή παιχνιδιών και τα συνέκρινε με παραδοσιακά παιχνίδια και βίντεο συνεχούς ροής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ροή του παιχνιδιού στην επόμενη και στην αντίθετη κατεύθυνση του Onlive ήταν σημαντικά διαφορετική από εκείνη των ζωντανών βίντεο και του παραδοσιακού παιχνιδιού "αντίστοιχα. Τέτοια αποτελέσματα είναι χρήσιμα για τη δημιουργία αποτελεσματικών μοντέλων κυκλοφορίας για το Cloud Gaming. Ο Shea et al. [1] παρουσίασε μια μεθοδολογία για την ποσοτικοποίηση της απόδοσης των λεπτών υπολογιστών στο Cloud Gaming. Μια μελέτη επίδειξης πραγματοποιήθηκε σε αυτό το έργο χρησιμοποιώντας τρεις δημοφιλείς πελάτες, LogMeIn, TeamViewer και UltraVNC για να τρέξει ένα κλασικό παιχνίδι, το Pac-Man. Τα αντίστοιχα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ρυθμός καρέ οθόνης και η παραμόρφωση πλαισίου ήταν και τα δύο σημαντικά για τα παιχνίδια, και οι διαφορετικοί πελάτες έδειξαν διαφορετικά επίπεδα ανθεκτικότητας έναντι προβλημάτων δικτύου. Ο Chen et al. [5] παρουσίασε μια υποκειμενική μελέτη χρηστών για τη μέτρηση της ποιότητας της εμπειρίας που αντιλαμβάνεται ο χρήστης (QoE) στο Cloud Gaming. Ακόμα, καθορίστηκε ένα σύνολο δοκιμών για τους χρήστες ώστε να αποκτήσει ο καθένας την δική του ποιότητα εμπειρίας και ορίστηκαν βασικοί παράγοντες επιρροής των περιεχομένων των παιχνιδιών από τα αποτελέσματα ποιότητας της εμπειρίας που προέκυψε για κάθε χρήστη. Επίσης, προσδιόρισαν ότι η εμπειρία παιχνιδιού που αντιλαμβάνεται ο χρήστης δεν επηρεάζεται μόνο από την καθυστέρηση του δικτύου και την απώλεια πακέτων, αλλά επίσης σχετίζεται με τα περιεχόμενα του παιχνιδιού. Ειδικότερα, όσο πιο αργή τροπή παίρνει το παιχνίδι, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα της εμπειρίας [5]. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα πανταχού παρόντα προγνωστικά παιχνίδια (slow-paced game-play) και τα προοπτικά παιχνίδια (μεσαίου ρυθμού παιχνιδιού) είναι σε θέση να πετύχουν καλύτερα επίπεδα ποιότητα εμπειρίας από τα παιχνίδια FPS (fast-paced game-play).

Η μέτρηση της καθυστέρησης απόκρισης για παιχνίδια πελάτη αποτέλεσε επίσης αντικείμενο έρευνας. Ο Shea et al. [1] πραγματοποίησε μια μελέτη για να διευκρινίσει τις επιπτώσεις της ποιότητας σύνδεσης στο Διαδίκτυο σε διάφορα online παιχνίδια. Θεώρησαν τρία δημοφιλή είδη παιχνιδιών και επέλεξαν δύο παιχνίδια για κάθε είδος και μέτρησαν την απόδοση αυτών των παιχνιδιών με διαφορετικές ποιότητες σύνδεσης στο Διαδίκτυο κάθε φορά. Στη συνέχεια, συνόψισαν την υποβάθμιση της απόδοσης για διαφορετικές κατηγορίες online παιχνιδιών, απεικονίζοντας μια εκθετική καμπύλη που ταιριάζει στα καταγεγραμμένα δεδομένα. Με βάση αυτό, συνόψισαν τα κατώτατα όρια της καθυστέρησης απόκρισης που μπορούν να ανεχθούν σε στα τρία δημοφιλή είδη παιχνιδιών. Η μέγιστη καθυστέρηση απόκρισης για τα παιχνίδια που υιοθετούν το μοντέλο Avatar-First Person όπως τα παιχνίδια FPS και τα παιχνίδια αγώνων είναι 100 ms. Αυτά τα παιχνίδια που βασίζονται στο μοντέλο Avatar-Third Person, όπως τα RPG, κανονικά μπορούν να ανεχθούν το πολύ 500 ms [2]. Εκείνοι που χρησιμοποιούν το μοντέλο Omnipresent, όπως τα παιχνίδια RTS, δεν είναι ιδιαίτερα αυστηροί με την τιμή της καθυστέρησης

απόκρισης, οπότε η μέγιστη καθυστέρηση απόκρισης που μπορούν να ανεχθούν είναι 1000 ms. Ο Jarschel et al. [14] πραγματοποίησε μια μελέτη μετρήσεων σχετικά με το σύννεφο όσον αφορά την καθυστέρηση του τελικού χρήστη. Συγκεκριμένα, πραγματοποίησαν μια μελέτη μέτρησης λανθάνουσας κατάστασης μεγάλης κλίμακας από το εργαστήριό τους και το Amazon EC2 σε περισσότερους από 2500 τελικούς χρήστες στις Η.Π.Α. για να καθορίσουν το ποσοστό των χρηστών που μπορούν να λάβουν ανεκτή καθυστέρηση κατά τη διάρκεια των cloud παιχνιδιών. Οι ερευνητές βρήκαν ότι το Amazon EC2 δεν ήταν σε θέση να παράσχει αποδεκτή καθυστέρηση για πολλούς τελικούς χρήστες. Περαιτέρω έρευνα έδειξε ότι η κάλυψη του χρήστη αυξήθηκε σημαντικά όταν τοποθετήθηκαν εξυπηρετητές κοντά στους τελικούς χρήστες.

Ο Chen et al. [5] πρότεινε μια μέθοδο μέτρησης της καθυστέρησης απόκρισης στα συστήματα παιχνιδιών νέφους. Η προτεινόμενη μέθοδος βασίστηκε στο γεγονός ότι τα περισσότερα παιχνίδια υποστηρίζουν ένα πλήκτρο πρόσβασης για πρόσβαση στο κύριο μενού. Το κλειδί είναι συνήθως το πλήκτρο ESC για τα παιχνίδια στον υπολογιστή και το πλήκτρο START για παιχνίδια κονσόλας. Με βάση την υπόθεση ότι το πλήκτρο ESC είναι το πλήκτρο για την κλήση του κύριου μενού, η χρονική διαφορά ανάμεσα στο πάτημα του πλήκτρου ESC και στην απόδοση του πρώτου πλαισίου του κύριου μενού στην πλευρά του διακομιστή είναι η καθυστέρηση απόκρισης. Ως εκ τούτου, χρησιμοποίησαν έναν μηχανισμό αγκίστρωσης στο λειτουργικό σύστημα Windows για να καταγράψουν το συμβάν "ESC pressed" και παρακολούθησαν την οθόνη του παιχνιδιού για να αποκτήσουν την ώρα που εμφανίστηκε το κύριο μενού. Η προτεινόμενη μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοστεί ευρέως επειδή δεν απαιτεί ανοικτό σύστημα και έτσι μπορεί να συνδεθεί σε οποιαδήποτε κλειστά συστήματα. Επιπλέον, αξιολογούνταν δύο γνωστά συστήματα παιχνιδιών νέφους, Onlive και StreamMyGame, χρησιμοποιώντας αυτή την προτεινόμενη μέθοδο. Τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η Onlive πέτυχε αποδεκτή καθυστέρηση απόκρισης, ενώ η StreamMyGame υπέστη μεγάλη καθυστέρηση απόκρισης που οι παίκτες δεν μπορούσαν να ανεχθούν. Με βάση αυτό το έργο, ο Chen et al. [5] πρότεινε επίσης μια σειρά τεχνικών μέτρησης για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπηρεσιών (QoS) των συστημάτων παιχνιδιών νέφους, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων καθυστέρησης απόκρισης, μέτρησης καθυστέρησης παιχνιδιών, ανάλυσης κυκλοφορίας δικτύου και μέτρησης ποιότητας εικόνας σε πραγματικές συνθήκες δικτύου. Στη συνέχεια χρησιμοποίησαν τις μεθόδους τους για να συγκρίνουν δύο εμπορικά συστήματα Coud Gaming: το Onlive και το StreamMyGame. Τα αποτελέσματα της μέτρησης έδειξαν ότι σε σύγκριση με το StreamMyGame, η πλατφόρμα Onlive παρείχε προσαρμοστικούς ρυθμούς καρέ, καλύτερη ποιότητα εικόνας και μικρότερες καθυστερήσεις επεξεργασίας παιχνιδιών διακομιστή, αλλά κάλυπταν μικρότερο εύρος ζώνης δικτύου.

Έχουν γίνει επίσης μερικές ερευνητικές εργασίες που σχετίζονται με τη μέτρηση της ποιότητας του βίντεο στον υπολογιστικό νέφος. Οι Franco et al. [16] εξέτασαν τις υπάρχουσες προτάσεις για τη μέτρηση της ποιότητας του βίντεο, συμπεριλαμβανομένου του Peak-Signal-to-Noise-Ratio (PSNR) και του δείκτη διαρθρωτικής ομοιότητας (SSIM), σε σχέση με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Μια τιμή PSNR πάνω από 40 ντεσιμπέλ (dB) τυπικά υποδεικνύει μια εξαιρετική εικόνα πολύ κοντά στην αρχική, αποδεικνύοντας έτσι ότι το ανακατασκευασμένο

βίντεο παιχνιδιού είναι πολύ καλό. Μια τιμή μεταξύ 30 έως 40 dB αποδίδει μια καλή εικόνα, ενώ τιμές μεταξύ 20 και 30 dB προσφέρουν αρκετά κακή εικόνα [13]. Επιπλέον, τιμές μικρότερες από 20 dB είναι απαγορευτικές και σίγουρα προσφέρουν κακή ποιότητα εμπειρίας χρήστη. Στην SSIM, η τιμή πιο κοντά στο 1 θεωρείται ως καλύτερο αποτέλεσμα.

Η ερευνητική κοινότητα επιλύει επίσης ενεργά τα ζητήματα της αποικοδόμησης και προγραμματισμού virtualized GPU στο Cloud Gaming. Ο Franco et al. [16] πρότεινε το VGRIS, ένα πλαίσιο προγραμματισμού για την αποικοδόμηση πόρων και τον προγραμματισμό πόρου GPU, το οποίο επιτρέπει την κοινή χρήση μιας ενιαίας GPU από διαφορετικά VM που αποτελούνται από VMware και virtualBox στο Cloud Gaming. Ενέκρινε μια βιβλιοθήκη παρακολούθησης API για τη διαχείριση του υποκείμενου προγραμματισμού πόρων για πολλαπλά VM. Μόνο μερικά δυαδικά αρχεία μέσα στην παρακολουθούμενη βιβλιοθήκη επρέπει να τροποποιηθούν. Με βάση το πλαίσιο VGRIS, υλοποίησαν τρεις αλγόριθμους προγραμματισμού για την αντιμετώπιση διαφόρων απαιτήσεων επιδόσεων: υψηλές επιδόσεις του αναλογικού προγραμματισμού πόρων (Service Scheduling Agreement) σε επίπεδο υπηρεσίας (SLA), καθώς και ανταμοιβής επιδόσεων και δικαιοσύνης. Τα πειραματικά αποτελέσματά τους έδειξαν ότι τα αποτελέσματα του πλαισίου VGRIS (επιπλέον χρόνος εκτέλεσης των κριτηρίων αξιολόγησης) περιορίστηκαν στο 3,59% και ότι αυτό το πλαίσιο θα μπορούσε να προγραμματίσει αποτελεσματικά τους πόρους GPU σε περισσότερες από μία πλατφόρμες virtualization ταυτόχρονα. Ομοίως, ο Zhang et al. [7] παρουσίασε τον VGASA, έναν προσαρμοστικό αλγόριθμο προγραμματισμού για εικονικούς πόρους GPU στο Cloud Gaming. Το VGASA υλοποιείται με την αξιοποίηση της τεχνολογίας VSGA στην τεχνολογία VMware και API. Η βασική ιδέα του VGASA είναι να δέχεται ανατροφοδότηση από κάθε VM και να προγραμματίζει πόρους GPU με βάση τους αλγόριθμους προγραμματισμού που δημιούργησαν. Έχουν υλοποιηθεί τρεις αλγόριθμοι για την επίτευξη διαφορετικών στόχων. Συγκεκριμένα, ο SLA-Aware που στοχεύει στην επίτευξη της απαίτησης SLA για κάθε VM, ο Fair SLA-Aware που στοχεύει στη μεγιστοποίηση της χρήσης των πόρων της GPU ανακατανέμοντας πόρους GPU από VM με υψηλότερα ποσοστά καρέ σε εκείνους που δεν πληρούν τις απαιτήσεις SLA, ενώ ο Enhanced SLA παρέχει ισορροπημένη απόδοση παιχνιδιού σε μία GPU. Εν τω μεταξύ, τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι η γενική απόδοση της GPU της VGASA περιορίζεται στο 5-12% του χρόνου εκτέλεσης.

Οι Ahiska et al. [11] διεξήγαγαν μελέτες μέτρησης για να καταγράψουν τις παραμέτρους που εξαρτώνται από το παιχνίδι για υψηλότερη ποιότητα εμπειρίας. Με βάση αυτούς τους παράγοντες, πρότειναν έναν αλγόριθμο, ο οποίος ονομάζεται QDH. Το QDH είναι σε θέση να ενοποιήσει περισσότερα VM σε ένα διακομιστή, εφόσον δεν ξεπεραστεί η μέγιστη ανεκτή ποιότητα εμπειρίας και είναι ορατή η υποβάθμιση που καθορίζεται από τον χρήστη. Οι ίδιοι ερευνητές χρησιμοποίησαν το GamingAnywhere και το VMware ESXi 5.1 για να δημιουργήσουν μια πρωτότυπη υλοποίηση, για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου αλγορίθμου. Τα αποτελέσματα προσομοίωσής τους έδειξαν ότι η QDH είχε ως αποτέλεσμα την επίτευξη βέλτιστης απόδοσης. Επιπλέον, διαπίστωσαν ότι το QDH ήταν σε θέση να κλιμακωθεί σε μεγάλες υπηρεσίες παιχνιδιών νέφους με νέους υπολογιστές που υποστήριζαν 20.000

διακομιστές και περισσότερους από 40.000 παίκτες. Οι Ahiska et al. [11] διεξήγαγαν λεπτομερή πειράματα χρησιμοποιώντας σύγχρονες GPU και το GamingAnywhere για να απαντήσουν στην ερώτηση εάν είναι οι σύγχρονες GPU έτοιμες για το Cloud Gaming. Συγκεκριμένα, συνέκριναν τις επιδόσεις της τεχνολογίας pass-through GPU και της τεχνολογίας VGPU, εφαρμόζοντας τα ίδια σημεία αναφοράς σε στιγμιότυπα VM pass-through GPU και VMPM VM. Μέσα από τα πειράματα, διαπίστωσαν ότι 1) οι εικονικοποιημένες GPU υπερέβησαν τις GPUs σε ορισμένα benchmarks, ειδικά τα 2D-intensive benchmarks και τα παιχνίδια, ενώ τα GPUs παρήγαγαν καλύτερα αποτελέσματα σε τρισδιάστατα σημεία από τα virtualized GPUs και 2) οι μονάδες GPU ήταν εύλογα κλιμακούμενες σε σχέση με τον αριθμό των VM και ήταν σε θέση να επιτύχουν σταθερή απόδοση.

2.7 Βασιζόμενα σε βίντεο συστήματα Cloud Gaming

2.7.1 Κατηγοριοποίηση

Η θεμελιώδης αρχή και το κύριο πλεονέκτημα ενός συστήματος βασισμένου σε βίντεο είναι τα αρχεία παιχνιδιών που φορτώνονται στο cloud [3]. Μεταξύ αυτών των αρχείων είναι οι μηχανές παιχνιδιών, τα τμήματα επεξεργασίας και rendering. Το σύστημα παιχνιδιών με βάση το βίντεο επιτρέπει την απευθείας ροή του παιχνιδιού ως βίντεο στη συσκευή του χρήστη. Αυτή η διαδικασία είναι παρόμοια με το βίντεο κατόπιν ζήτησης. Όλα τα αρχεία παιχνιδιών αποθηκεύονται και εκτελούνται στον εξυπηρετητή του παρόχου υπηρεσιών Cloud Gaming, που επιτρέπει στον χρήστη να μην ανησυχεί για την απόδοση του υπολογιστή του [16].

Τα συστήματα παιχνιδιών στο cloud μπορούν να χωριστούν σε τρεις τύπους από την άποψη της προσέγγισης απομακρυσμένης απόδοσης [14]. Διαφέρουν μεταξύ τους στις μεθόδους εξισορρόπησης φόρτου εργασίας μεταξύ διακομιστών στο cloud και των συσκευών των χρηστών. Στον πρώτο τύπο, ο τύπος ροής τρισδιάστατων γραφικών, οι νέοι διακομιστές ελέγχουν τις εντολές γραφικών, τις συμπιέζουν και στέλνουν στον υπολογιστή χρήστη που ονομάζεται thin client [10]. Στη συνέχεια, ο πελάτης αποδίδει σκηνές παιχνιδιών με δικούς του πόρους γραφικών. Επειδή αυτός ο τύπος συνεπάγεται βαρύ φορτίο στον υπολογιστή, δεν είναι κατάλληλος για κινητές συσκευές, αποκωδικοποιητές τηλεόρασης και υπολογιστές χαμηλής απόδοσης. Στον δεύτερο τύπο που ονομάζεται τύπος βίντεο ροής, ο διακομιστής είναι υπεύθυνος για την απόδοση 3D εντολών σε 2D βίντεο, τη συμπίεση και τη ροή του σε έναν πελάτη, ο οποίος αποκωδικοποιεί το βίντεο και το εμφανίζει στην οθόνη. Ο τρίτος τύπος, ο οποίος είναι η ροή βίντεο με τύπους εργασιών μετά την απόδοση, βασίζεται στη συμβολή των δύο πρώτων τύπων. Αυτό σημαίνει ότι τα τρισδιάστατα γραφικά απεικονίζονται σε διακομιστές cloud και οι λειτουργίες που δεν απαιτούν υψηλή απόδοση εκτελούνται στον πελάτη [10].

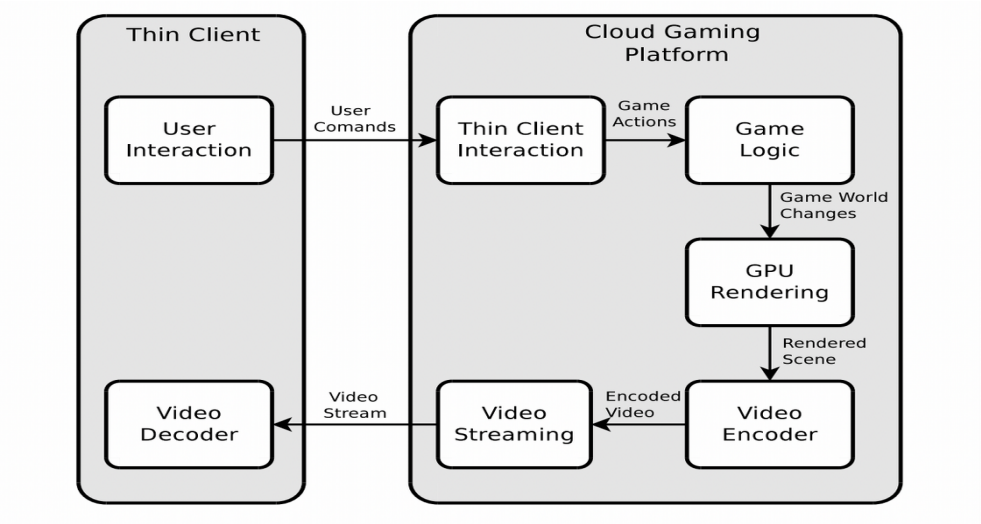
Τα συστήματα παιχνιδιών νέφους μπορούν επίσης να χωριστούν σε τέσσερις τύπους από την άποψη της αρχιτεκτονικής τους: 1) αυτά που βασίζονται σε βίντεο, 2) αυτά που είναι βασισμένα

σε αρχεία, 3) τα βασισμένα σε οδηγίες, και 4) τα βασισμένα σε συστατικά συστήματα. Η αρχιτεκτονική που περιλαμβάνουν τα μοντέρνα και δημοφιλή σύστημα παιχνιδιών νέφους βασίζεται σε βίντεο λόγω του κύριου πλεονεκτήματος αυτής της προσέγγισης, η οποία είναι το βασικό χαρακτηριστικό ολόκληρου του παιχνιδιού cloud και αναφέρεται στην ανεξαρτησία της απόδοσης του παιχνιδιού από τους υπολογιστικούς πόρους του πελάτη [6].

2.7.2 Αρχιτεκτονική

Το σύστημα παιχνιδιών νέφους που βασίζεται στο βίντεο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5, αποτελείται από μια πλατφόρμα Cloud Gaming και έναν πελάτη. Ο πελάτης αποτελείται από μια μονάδα αλληλεπίδρασης χρήστη και έναν αποκωδικοποιητή βίντεο. Η μονάδα αλληλεπίδρασης είναι υπεύθυνη για τη λήψη εντολών χρήστη από το πληκτρολόγιο, το ποντίκι, το gamepad ή άλλες συσκευές και την αποστολή τους στην πλευρά του διακομιστή. Ο αποκωδικοποιητής, με τη σειρά του, είναι υπεύθυνος για τη λήψη και επεξεργασία της ροής βίντεο, που αποστέλλεται στον πελάτη ως απόκριση των ενεργειών του χρήστη.

Η πλατφόρμα παιχνιδιών cloud είναι υπεύθυνη για τη λήψη εντολών από τον πελάτη, τη μετατροπή τους σε αντίστοιχες ενέργειες παιχνιδιών και τη μεταφορά δεδομένων μέσω του δικτύου. Οι εντολές χρηστών υποβάλλονται σε επεξεργασία από τη λειτουργική μονάδα παιχνιδιών και στη συνέχεια η GPU Renderer μετατρέπει μια εικόνα, συμπιεσμένη από τον κωδικοποιητή και μεταδίδεται πίσω στη μονάδα αλληλεπίδρασης πελάτη. Στο τέλος της διαδικασίας αποκωδικοποιείται η ροή βίντεο και αναπαράγεται το περιεχόμενο στην οθόνη της συσκευής του χρήστη [16].

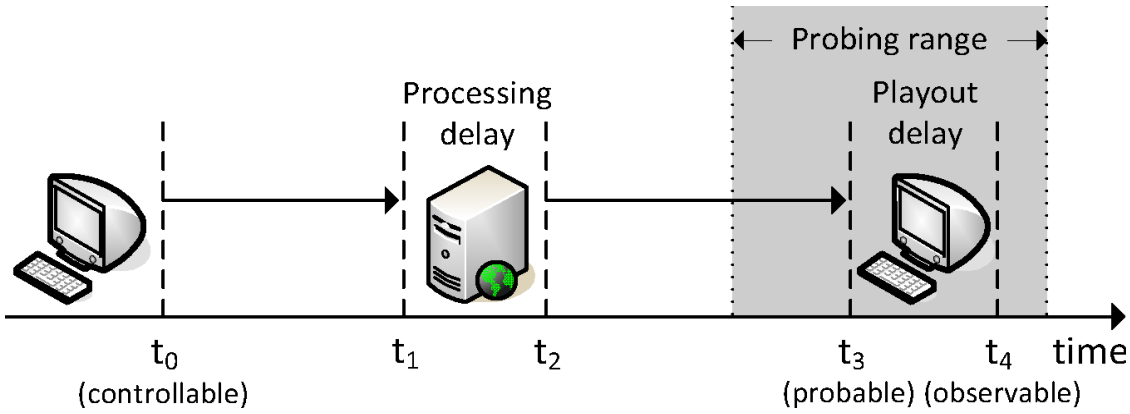


Εικόνα 5: Cloud Gaming Platform [1]

2.7.3 Μετρήσεις

Ένα παιχνίδι, ως κάτι αναπόσπαστο, είναι ένα πολύπλοκο σύστημα. Δεδομένου ότι ο τελικός στόχος είναι η ικανοποίηση του παίκτη, όλα τα στοιχεία αυτού του συστήματος πρέπει να λειτουργούν άψογα. Οι προγραμματιστές συστημάτων Cloud Gaming πρέπει να εξετάσουν πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν τη συνεπή διαδικασία εργασίας [14]. Πρέπει να επιλύσουν ταυτόχρονα τα προβλήματα δικτύου και να εργαστούν για τη συνολική ποιότητα εμπειρίας. Οι παράμετροι του δικτύου, όπως η καθυστέρηση, η απώλεια πακέτων και το jitter επηρεάζουν την ομαλή αναπαραγωγή του παιχνιδιού και κατά συνέπεια την εμπειρία του χρήστη. Στο Cloud Gaming, αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας [9].

Η καθυστέρηση καθορίζει την ανταπόκριση του παιχνιδιού και ονομάζεται Καθυστέρηση Απόκρισης (RD). Το RD μπορεί να οριστεί ως ο χρόνος μεταξύ της ενέργειας του χρήστη και της στιγμής εμφάνισης αυτής της ενέργειας στην οθόνη. Το RD αποτελείται από τρία στοιχεία: καθυστέρηση δικτύου (ND), καθυστέρηση επεξεργασίας (PD) και καθυστέρηση αναπαραγωγής (OD). Η πλήρης αποσύνθεση της RD παρουσιάζεται στην Εικόνα 6 [5].



Εικόνα 6: Καθυστέρηση απόκρισης [5]

Η καθυστέρηση δικτύου (t1 - t0, t3 - t2 στην Εικόνα 6) είναι ο χρόνος που απαιτείται για την παράδοση της εντολής του πελάτη σε ένα διακομιστή και για την αποστολή του αποτελέσματος στην οθόνη του πελάτη. Είναι επίσης γνωστό ως χρόνος γύρου του δικτύου και μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια διαφορετικών εργαλείων. Η καθυστέρηση επεξεργασίας (t2 - t1 στην Εικόνα 6) είναι ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει ο διακομιστής την εντολή του πελάτη, στη συνέχεια να την επεξεργαστεί και να στείλει πίσω το αποτέλεσμα. Η καθυστέρηση της αναπαραγωγής (t4 - t3 στην Εικόνα 6) είναι ο χρόνος που απαιτείται για τον πελάτη να επεξεργαστεί και να εμφανίσει τα ληφθέντα πλαίσια στην οθόνη. Όπως και η Καθυστέρηση Επεξεργασίας, η Καθυστέρηση Αναπαραγωγής εμφανίζεται εσωτερικά στο CGS και είναι απρόσιτη από το εξωτερικό. Υπάρχει επίσης μια καθυστέρηση παιχνιδιού (GD), η οποία είναι απαραίτητη

για το λογισμικό παιχνιδιών νέφους για την επεξεργασία των εντολών του πελάτη και τη δημιουργία κατάλληλων πλαισίων. Το περιβάλλον του cloud συνήθως δεν επηρεάζει την καθυστέρηση παιχνιδιού. Γενικά, εξαρτάται μόνο από τον κώδικα του παιχνιδιού και ισούται με την ίδια καθυστέρηση του παιχνιδιού, όταν το παιχνίδι τρέχει στον τοπικό υπολογιστή. Η καθυστέρηση απόκρισης είναι το άθροισμα και των τεσσάρων συνιστωσών και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο: RD = ND + PD + OD + GD. Τα αποτελέσματα όλων των καθυστερήσεων μετριούνται σε χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms) [14].

Η καθυστέρηση είναι ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός συστήματος παιχνιδιών νέφους. Στα σύγχρονα δυναμικά παιχνίδια, η λανθάνουσα κατάσταση διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο και έχει μεγάλο αντίκτυπο στην ποιότητα εμπειρίας του χρήστη. Τα παιχνίδια για πολλούς παίκτες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην καθυστέρηση λόγω της ανάγκης συγχρονισμού των ενεργειών των χρηστών. Η μέγιστη καθυστέρηση, πριν αρχίσει να υποβαθμίζει την ποιότητα της εμπειρίας, υπολογίστηκε για διάφορα είδη παιχνιδιών [10].

Τα παιχνίδια πρώτου προσώπου, όπως το Counter-Strike ή το Call of Duty, και τα παιχνίδια MOBA, όπως το Dota 2 και το League of Legends, αξίζει να σημειωθεί ότι γίνονται λιγότερο αναπαραγόμενα όταν η καθυστέρηση φτάσει τα 100 ms [3]. Η μεγάλη καθυστέρηση είναι απαράδεκτη λόγω του γεγονότος ότι τα παιχνίδια πρώτου προσώπου και τα παιχνίδια MOBA είναι γεμάτα ενέργειες. Αυτά τα παιχνίδια απαιτούν πάντα μια καλή αντίδραση τόσο από τον παίκτη όσο και από το σύστημα. Ως εκ τούτου, μια μεγάλη λανθάνουσα κατάσταση καθιστά όλη τη διαδικασία παιχνιδιού άβολη και σκόπιμα βάζει τον παίκτη σε μια χαμένη θέση [1].

Σε παιχνίδια με προβολή τρίτου προσώπου, που είναι η πλειοψηφία των RPGs και των MMORPGs, είναι δυνατή μια μεγαλύτερη λανθάνουσα κατάσταση λόγω του γεγονότος ότι η γρήγορη ανταπόκριση σε τέτοια παιχνίδια δεν είναι τόσο σημαντική. Η διαδικασία παιχνιδιού είναι πιο αργή και δεν είναι τόσο ευαίσθητη στην καθυστέρηση. Ο παίκτης μπορεί να ενοχληθεί από την πολύ αργή απόκριση του συστήματος στις ενέργειες, οπότε θα πρέπει να εκτελούνται αρκετά γρήγορα, ωστόσο η αποδεκτή καθυστέρηση είναι 500 ms [1].

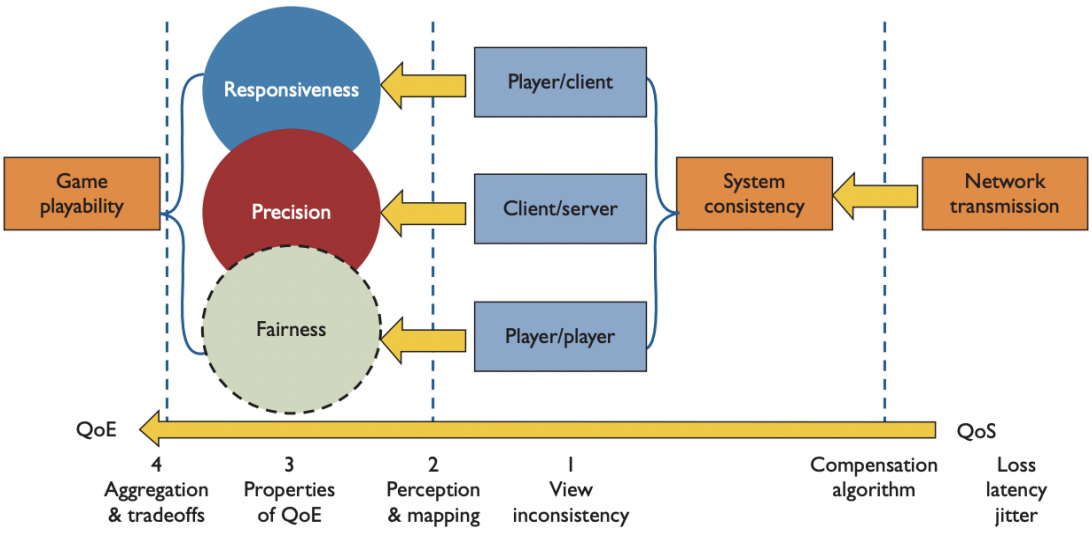
Ο τρίτος τύπος είναι τα παιχνίδια με πανταχού παρούσα θέα, η λεγόμενη θέα από ψηλά προς τα κάτω όταν ο παίκτης ελέγχει ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών μονάδων και κτιρίων. Παραδείγματα μπορεί να είναι η στρατηγική σε πραγματικό χρόνο (RTS) και διάφοροι προσομοιωτές. Άνετο παιχνίδι σε τέτοια παιχνίδια είναι εφικτό με καθυστέρηση μέχρι 1000 ms. Αυτός ο βαθμός καθυστέρησης είναι αποδεκτός στα παιχνίδια τέτοιων ειδών όπως αναζητήσεις και στρατηγικές βασισμένες σε στροφές, όπου η αντίδραση του παίκτη δεν είναι σημαντική και η καθυστερημένη εκτέλεση εντολών δεν μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το παιχνίδι [1].

Το πρόβλημα της καθυστέρησης στα παιχνίδια σε τοπικά συστήματα αναφέρεται πάντοτε μόνο στο multiplayer και δεν αφορά που παίζει μόνο ένας παίκτης. Στην περίπτωση του Cloud Gaming, όλα τα παιχνίδια ξεκινούν σε έναν απομακρυσμένο διακομιστή, συνεπώς, όλοι τους, ακόμα και μεμονωμένοι παίκτες, υπόκεινται στο πρόβλημα της καθυστέρησης. Όταν παίζουν σε ένα τοπικό

σύστημα, οι παίκτες ανησυχούν για το πρόβλημα της ασταθούς σύνδεσης στο Internet και της καθυστέρησης. Εκτός από αυτήν την καθυστέρηση, το Cloud Gaming, με τη σειρά του, έχει την καθυστέρηση απόκρισης. Για τα ευαίσθητα παιχνίδια στα οποία συμμετέχουν πολλοί παίκτες, η μέγιστη συνολική καθυστέρηση κατά την αναπαραγωγή του παιχνιδιού μέσω του σύννεφου πρέπει να είναι μικρότερη από 100 ms, ενώ η καθυστέρηση για τα άλλα παιχνίδια πρέπει να είναι μικρότερη από 200 ms. Σε κάθε άλλη περίπτωση, η καθυστέρηση θα επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα εμπειρίας του χρήστη [14].

2.7.4 Ποιότητα εμπειρίας του χρήστη

Η ποιότητα της εμπειρίας είναι η μέτρηση της δυνατότητας αναπαραγωγής του παιχνιδιού, που βιώνουν οι παίκτες. Η Εικόνα 7 δείχνει την αλληλεπίδραση της ποιότητας της εμπειρίας και της ποιότητας της υπηρεσίας στα online παιχνίδια.



Εικόνα 7: Η αλληλεπίδραση της ποιότητας της εμπειρίας και της ποιότητας της υπηρεσίας [1]

Σύμφωνα με την Εικόνα 6, η ανταπόκριση είναι ο χρόνος που χρειάζεται το σύστημα για να ανταποκριθεί στις ενέργειες του χρήστη. Αντιπροσωπεύει επίσης τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης αισθάνεται το παιχνίδι. Η δικαιοσύνη μπορεί να εξηγηθεί ως μια ποικιλία διαφορετικών καταστάσεων για διαφορετικούς παίκτες στην ίδια περίοδο παιχνιδιού υπό τις ίδιες αρχικές συνθήκες. Επιπλέον, υπάρχει μια ακρίβεια, που δείχνει τη διαφορά μεταξύ της κατάστασης του παιχνιδιού στο διακομιστή και στον υπολογιστή του χρήστη. Όσο χαμηλότερη είναι αυτή η διαφορά, τόσο καλύτερη εμπειρία παιχνιδιού θα προσφέρεται. Όλες αυτές οι παράμετροι αποτελούν τη γενική αντίληψη του παιχνιδιού και της ποιότητας της εμπειρίας του χρήστη. Για να

επιτευχθεί αυτό, οι προγραμματιστές προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν τα παιχνίδια και να ελαχιστοποιήσουν την καθυστέρηση, φιλοξενώντας περισσότερους διακομιστές και βελτιώνοντας συνεχώς την απόδοσή τους [1].

2.7.5 Προκλήσεις

Παρ΄ όλα αυτά όμως τα συστήματα παιχνιδιών νέφους έχουν να αντιμετωπίσουν και μια σειρά από προκλήσεις ώστε οι τυχόν αδυναμίες τους να μην καταφέρουν να υπερκαλύψουν τα θετικά τους στοιχεία και επομένως να μην αφήσουν δυσάρεστες εντυπώσεις στους χρήστες. Μια ιδιαίτερη σημαντική παράμετρος των Cloud συστημάτων είναι οι επιδόσεις τους. Οι επιδόσεις ενός τέτοιου συστήματος εξαρτώνται από τον χρόνο απόκρισης (response time) καθώς και από τον αριθμό των καρέ που μεταδίδονται ανά δευτερόλεπτο (fps).

Ο χρόνος απόκρισης αφορά τον χρόνο που απαιτείται ώστε να ανταποκριθεί το παιχνίδι στις ενέργειες του χρήστη γεγονός που σημαίνει ότι όσο μικρότερος είναι τόσο πιο ευχάριστο είναι το παιχνίδι. Ο υψηλός χρόνος απόκρισης σε ένα παιχνίδι μεταφράζεται σε δυσάρεστη εντύπωση του χρήστη. Από την άλλη πλευρά ο αριθμός των καρέ που μεταδίδονται ανά δευτερόλεπτο πρέπει να παραμένει όσο το δυνατόν μεγαλύτερος ώστε να μην δημιουργούνται ΄΄κολλήματα΄΄ στην οθόνη.

Μία ακόμα εξίσου σοβαρή πρόκληση που καλούνται να αντιμετωπίσουν τα συστήματα παιχνιδιών νέφους είναι η καθυστέρηση του δικτύου. Ακόμα και αν η εταιρία και οι χρήστες έχουν στην διάθεση τους ισχυρά υπολογιστικά συστήματα που θα έχουν την δυνατότητα να συλλέγουν τις ενέργειες κάθε παίκτη, να επεξεργαστούν τη δράση, να αποδώσουν τα αποτελέσματα, να κωδικοποιήσουν και να συμπιέσουν τις αλλαγές που προκύπτουν στην σκηνή του παιχνιδιού σε ελάχιστο χρόνο μια αναξιόπιστη και αργή σύνδεση στο δίκτυο μπορεί να τα καταστρέψει όλα καθώς η σκηνή θα αργήσει να μεταδοθεί γεγονός που σημαίνει ότι ο χρόνος απόκρισης θα είναι τελικά υψηλός, προσφέροντας και πάλι μια άσχημη εμπειρία στον χρήστη.

Επιπλέον, τα συστήματα παιχνιδιών νέφους εκτός από την ποιότητα της σύνδεσης έρχονται αντιμέτωπα με μία ακόμα πρόκληση στον τομέα των δικτύων. Τα όρια των δεδομένων που θέτουν οι πάροχοι Internet είναι περιορισμένα και αρκετά εύκολο να ξεπεραστούν καθώς υπάρχουν περιπτώσεις που τα Cloud παιχνίδια μπορεί να καταναλώσουν μέχρι και και 1TB δεδομένων ανά 65 ώρες.

Ο αποδεκτός χρόνος καθυστέρησης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την μερίδα των χρηστών στην οποία απευθύνεται το κάθε παιχνίδι νέφους. Όσο πιο μικρή είναι η ανοχή του παίκτη για καθυστέρηση αλληλεπίδρασης, τόσο πιο άμεσα το σύστημα θα πρέπει να εκτελέσει κρίσιμες λειτουργίες όπως η συμπίεση του βίντεο και η απόδοση της σκηνής μέσω του δικτύου. Επίσης, ο αποδεχόμενος χρόνος καθυστέρησης αλλάζει ανάλογα και με τον ρυθμό του κάθε παιχνιδιού. Σε ένα παιχνίδι με γρήγορο ρυθμό ο χρόνος καθυστέρησης πρέπει να είναι πολύ μικρός ενώ σε παιχνίδια με αργό ρυθμό η καθυστέρηση έχει περιθώριο να είναι ελάχιστα μεγαλύτερη.

Η δυσκολία με τα cloud παιχνίδια είναι ότι απαιτούν περισσότερους πόρους σε σχέση μια απλή ροή βίντεο. Το Cloud Gaming σημαίνει ότι πρέπει να τρέχει το παιχνίδι σε πραγματικό χρόνο, να

κωδικοποιείται η έξοδος και στη συνέχεια να μεταδίδετε πίσω στον πελάτη και όλα αυτά πρέπει να πραγματοποιούνται με όσο το δυνατόν λιγότερη καθυστέρηση. Σε κάθε περίπτωση όμως ο χρόνος αυτός αφορά ελάχιστα δέκατα του δευτερολέπτου καθώς μια υψηλότερη καθυστέρηση δικτύου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την συνολική εμπειρία του παίκτη.

Είναι πολύ γνωστό ότι τα παιχνίδια υπολογιστών αποτελούν εφαρμογές οι οποίες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες σε απόκριση [3]. Εκτός από την καθυστέρηση, και όλα τα υπόλοιπα που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν αρκετοί κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν την ικανότητα χρήσης υπηρεσιών των παιχνιδιών νέφους.

Μία από τις κύριες προκλήσεις της βιομηχανίας Cloud Gaming είναι το εύρος ζώνης. Η χρήση του Cloud Gaming απαιτεί βιώσιμο εύρος ζώνης και κανένα περιορισμό της κυκλοφορίας στο διαδίκτυο . Επιπλέον, ένα άλλο πρόβλημα με το εύρος ζώνης είναι η κατάσταση όταν όλοι οι παίκτες ξαφνικά μεταβούν στο παιχνίδι νέφους. Σε μια τέτοια περίπτωση, οι πάροχοι διαδικτύου μπορεί να έχουν προβλήματα με την απίστευτη υπερφόρτωση του δικτύου, και η κυκλοφορία μπορεί να φτάσει έως και τα 10 GB ανά ώρα [1].

Εκτός από το εύρος ζώνης, η ταχύτητα μεταφοράς πληροφοριών και η σταθερότητά της είναι επίσης σημαντικές. Εάν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα όπως οι συχνές αλλαγές στην ταχύτητα σύνδεσης στο διαδίκτυο, τότε η εικόνα που μεταδίδεται από το διακομιστή στη συσκευή του χρήστη θα επιδεινωθεί ή θα παγώσει, κάτι που θα επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα της εμπειρίας. Παρόλα αυτά, ακόμη και με ένα σταθερό, υψηλής ταχύτητας Internet, η εικόνα που λαμβάνει ο χρήστης μπορεί να μην είναι της υψηλότερης ποιότητας. Προκειμένου να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα και να βελτιστοποιηθεί η ροή βίντεο, οι υπηρεσίες Cloud Gaming συμπιέζουν τα δεδομένα. Ως αποτέλεσμα, η εικόνα που λαμβάνει ο χρήστης εξακολουθεί να είναι κατώτερη σε σχέση με την εικόνα του παιχνιδιού που τρέχει απευθείας στον τοπικό ισχυρό υπολογιστή των cloud παιχνιδιών [16].

2.8 Το μέλλον του Cloud Gaming

Το Cloud Gaming αντιμετώπισε πολλές αλλαγές και προκλήσεις τα τελευταία έτη. Παρά όλες τις αμφιβολίες που προέρχονται από διαφορετικές πηγές, συνεχίζει να ξεπερνά τα εμπόδια και να αναπτύσσεται συνεχώς [12]. Τα παιχνίδια νέφους έχουν αρχίσει να επηρεάζουν τη βιομηχανία παιχνιδιών και να προσελκύουν περισσότερες εταιρείες και πελάτες. Σύμφωνα με τον Cai et al. [6] το Cloud Gaming θα περάσει από δραματικές αλλαγές και θα έχει πολλά πιθανά αποτελέσματα στο μέλλον.

Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα για τις εμπορικές υπηρεσίες των παιχνιδιών νέφους να αρχίσουν να χρησιμοποιούν αλγόριθμους βελτιστοποίησης που έχουν επίγνωση του περιβάλλοντος για τα βίντεο του Cloud Gaming. Η ιδέα αυτών των αλγορίθμων χρησιμοποιεί το πλαίσιο εντός του παιχνιδιού, για παράδειγμα την τοποθεσία και τον προσανατολισμό της κάμερας, προκειμένου να

βελτιωθεί η καθυστέρηση της αλληλεπίδρασης και ποιότητα των γραφικών. Αυτή η μέθοδος παρέχει μια διεπαφή μεταξύ του μηχανισμού παιχνιδιών και του κωδικοποιητή του βίντεο, πράγμα που σημαίνει ότι το ίδιο το παιχνίδι δεν χρειάζεται να ξαναγραφεί [13].

Μια άλλη αλλαγή που μπορεί να επιφέρει το Cloud Gaming είναι η ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου χρέωσης. Επί του παρόντος υπάρχουν τρία βασικά μοντέλα χρέωσης: η συνδρομή, η ανά παιχνίδι χρέωση και η δωρεάν χρήση [6]. Ωστόσο, όλα αυτά έχουν μειονεκτήματα και δεν παρέχουν την καλύτερη χρηματοοικονομική πρακτική. Το μοντέλο συνδρομής απαιτεί επαρκή αριθμό συνδρομητών. Το μοντέλο ανά παιχνίδι δεν μπορεί να είναι αρκετά βολικό για τους χρήστες, καθώς το κόστος μίσθωσης ενός παιχνιδιού είναι κοντά στην τιμή του αρχικού παιχνιδιού. Το ελεύθερο μοντέλο μπορεί να φαίνεται επικίνδυνο, δεδομένου ότι ο πελάτης μπορεί να αποφασίσει να μην αγοράσει το παιχνίδι μετά από τη δωρεάν δοκιμή. Ως εκ τούτου, οι εμπορικές υπηρεσίες Cloud Computing θα πρέπει ενδεχομένως να εξετάσουν νέα μοντέλα τιμολόγησης τα οποία θα είναι πιο επωφελή για όλες τις πλευρές.

Τα παιχνίδια για πολλούς παίκτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα πλεονεκτήματα του Cloud Gaming προς όφελος και των δύο υπηρεσιών. Η πιθανή ανησυχία των χρηστών για τη συνδεσιμότητα δικτύου στο Cloud Gaming δεν θα πρέπει να αποτελεί πρόβλημα στα παιχνίδια για πολλούς παίκτες, καθώς απαιτούν αρχικά την πρόσβαση στο δίκτυο. Η ικανότητα των συστημάτων παιχνιδιών νέφους να «τρέξουν» το παιχνίδι χωρίς να απαιτείται εγκατάσταση πρώτα μπορεί να είναι ιδιαίτερα ελκυστική για τους παίκτες στα παιχνίδια για πολλούς παίκτες. Επιπλέον, το Cloud Gaming μπορεί να προσφέρει δίκαιο ανταγωνισμό, πράγμα που σημαίνει ότι οι παίκτες θα έχουν παρόμοια εμπειρία στο παιχνίδι. Αφαιρώντας τη διαφορά του hardware που αγόρασαν και προσαρμόζοντας το σύστημα στο δίκτυο του server, μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερη δικαιοσύνη [1].

Τα παιχνίδια νέφους έχουν τη δυνατότητα να προσελκύουν περισσότερους παρατηρητές και κατά συνέπεια περισσότερους παίκτες, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Η φύση του Cloud Gaming επιτρέπει τη ροή του βίντεο παιχνιδιού σε πολλούς παρατηρητές εύκολα χωρίς χρέωση οποιουδήποτε τέλους [13]. Οι παίκτες ενδιαφέρονται για τα παιχνίδια που παρακολουθούν και η υποδομή του cloud επιτρέπει επιπλέον την αλληλεπίδραση μεταξύ των gamer και των παρατηρητών. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις, ωστόσο, μπορεί να φαίνονται προβληματικές, εάν κάποιος από τους παρατηρητές έχει μια καθυστερημένη εικόνα. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι λανθάνοντες χρόνοι μετάδοσης [10].

Η τελευταία εξέλιξη στο Cloud Gaming συνδυάζει τα νέα πρότυπα παιχνιδιών, όπως τα παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας (VR) και τα παιχνίδια της σύνθετης πραγματικότητας (AR). Το Cloud Computing έχει τη δυνατότητα να αυξήσει το ενδιαφέρον για τα παιχνίδια VR και AR προσφέροντας πλούσιους πόρους απόδοσης. Παρόλα αυτά, όπως αναφέρθηκε σε άλλες προηγούμενες περιπτώσεις, η γενική καθυστέρηση του δικτύου είναι ένα ανοιχτό ζήτημα και πρέπει να εξεταστεί προκειμένου να επιτευχθεί μια καλή εμπειρία παιχνιδιού.

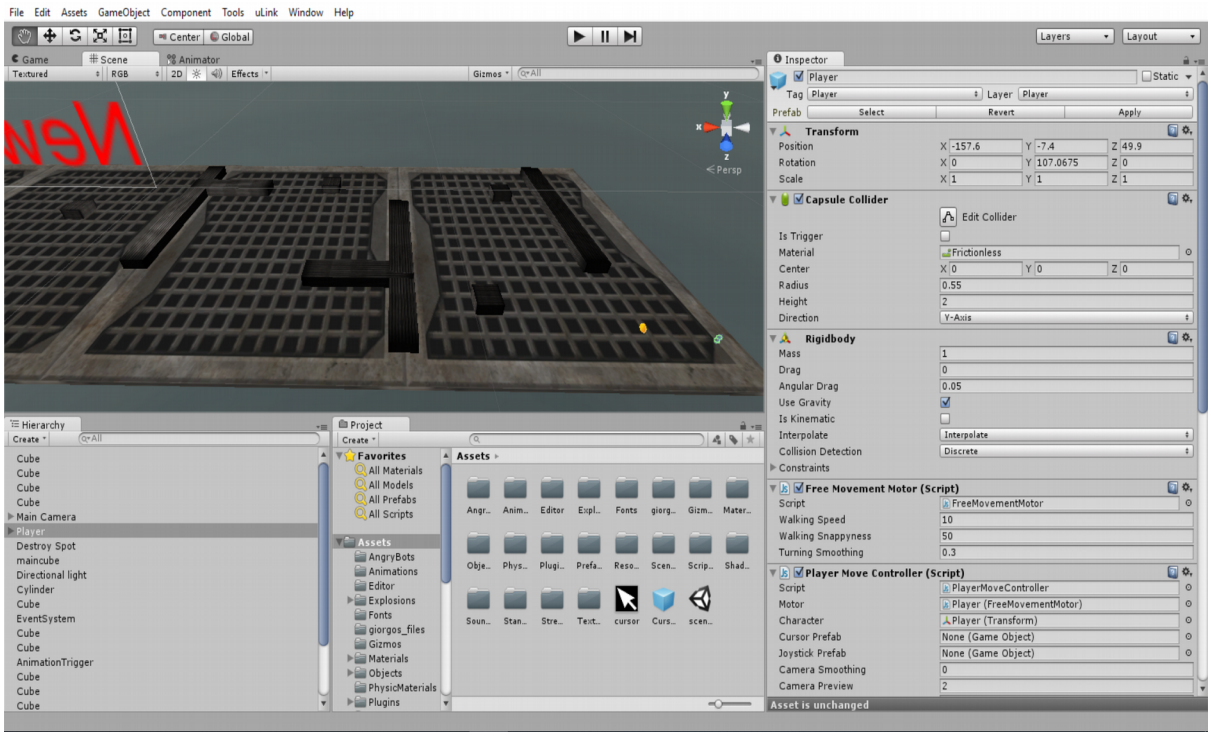
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ UNITY

Η Unity είναι μια μηχανή δημιουργίας και αναπαραγωγής παιχνιδιών η οποία διαθέτει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης με έναν πλήρως ολοκληρωμένο επιμελητή, κατασκευαστή σκηνών, συντάκτη κώδικα, διαδικτυακές λειτουργίες και πολλές άλλες δυνατότητες. Ακόμα διαθέτει μια πολλή μεγάλη κοινότητα που προσφέρει συμβουλές και απαντήσεις για αρχάριους αλλά και πιο έμπειρους χρήστες που αναζητούν οδηγίες χρήσης ή επίλυσης διάφορων θεμάτων.

3.1 Περιβάλλον σχεδίασης της Unity

Η οθόνη διεπαφής του χρήστη με την πλατφόρμα Unity χωρίζεται σε μια σειρά από όψεις μέσω των οποίων προσφέρεται η δυνατότητα στον προγραμματιστή – δημιουργό να πραγματοποιήσει αλλαγές στις τιμές των μεταβλητών που σχετίζονται με το παιχνίδι χωρίς να είναι αναγκασμένος να πραγματοποιήσει δομικές αλλαγές στον κώδικα που αναπτύσσει. Η μηχανή Unity διαθέτει ορισμένες βασικές όψεις για την διεκπεραίωση των εργασιών, την Όψη Σκηνής, την Όψη Παιχνιδιού, την Όψη Ιεραρχίας, την Όψη Παρατήρησης και την Όψη Περιεχομένων Εργασίας, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.



Εικόνα 8: Περιβάλλον σχεδίασης Unity

3.1.1 Γραμμή εργαλείων

Μέσω της γραμμής εργαλείων επιτρέπεται η πραγματοποίηση μετασχηματισμών στην σκηνή του παιχνιδιού που σχεδιάζεται. Ο έλεγχος της ροής του παιχνιδιού σε πραγματικό χρόνο αλλά και η διαχείριση του λογαριασμού στη Unity για την μεταφορά υλικού από και προς την σκηνή είτε για την ανάπτυξη συνεργασιών γίνεται μέσω της γραμμής εργαλείων.



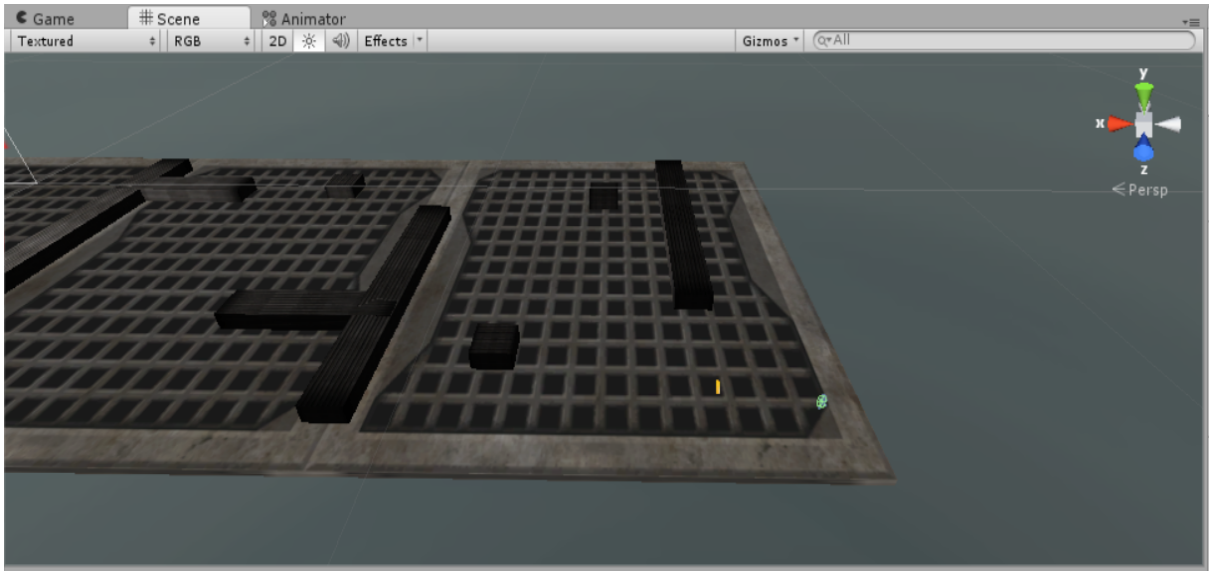
(i) (ii) (iii) (iv) (v)

Εικόνα 9: Γραμμή εργαλείων

- i) Εργαλεία μετασχηματισμών αντικειμένων (Move Camera / Move Object / Rotate / Scale / Rectangular Transform)
- ii) Εργαλεία ρύθμισης συστήματος συντεταγμένων
- iii) Έλεγχος ροής παιχνιδιού (Play / Pause / Step)
- iv) Επικαλυπτόμενη Σχεδίαση
- v) Επιλογή Διάταξης

3.1.2 Όψη σκηνής

Η όψη σκηνής αποτελεί το βασικότερο κομμάτι του περιβάλλοντος σχεδίασης της Unity και αυτό γιατί ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί στην σκηνή που σχεδιάζει ενώ παράλληλα σε αυτή εμφανίζεται το σύνολο των μετασχηματισμών των αντικειμένων.

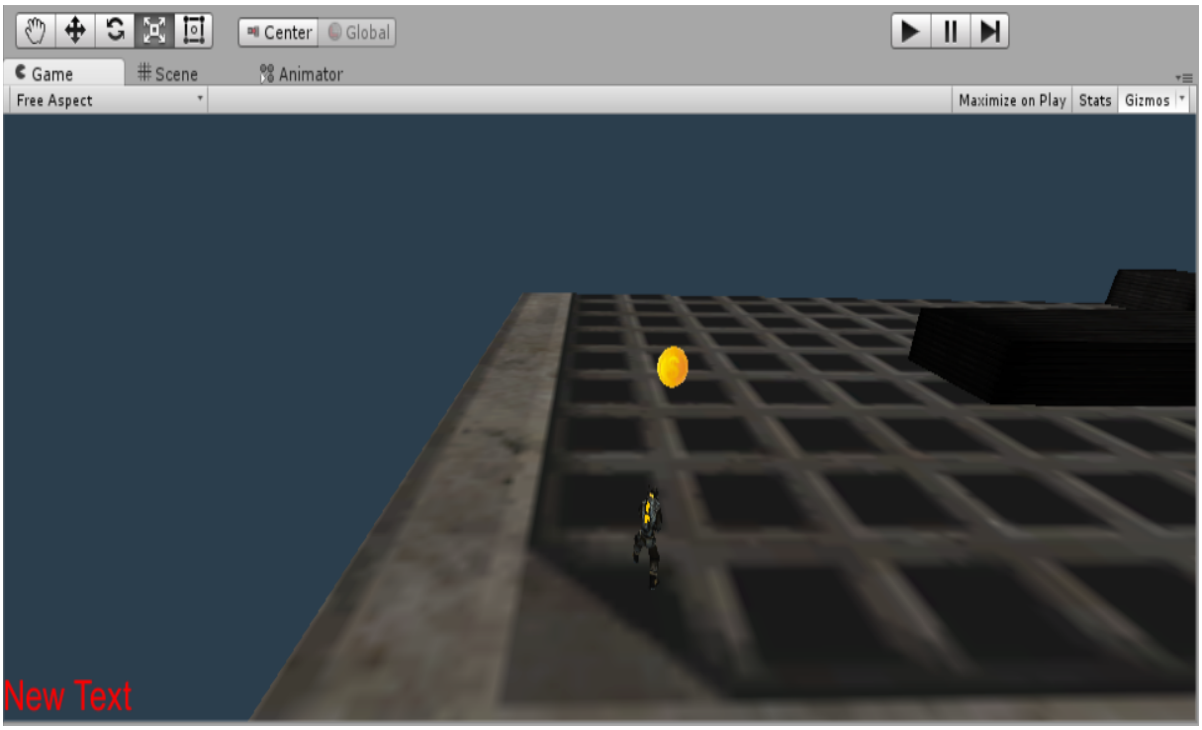


Εικόνα 10: Όψη σκηνής

Η περιήγηση στην σκηνή μπορεί να γίνει με διάφορες τεχνικές προβολής καθώς η Unity υποστηρίζει 2D και 3D προβολές για ανάπτυξη δισδιάστατων και τρισδιάστατων παιχνιδιών αντίστοιχα. Η όψη σκηνής είναι μία από τις όψεις που χρησιμοποιούνται περισσότερο καθώς σε αυτή τοποθετούνται όλα τα αντικείμενα του παιχνιδιού και δημιουργούνται οι σκηνές του. Η περιορισμοί της σκηνής αυτής εξαρτώνται από τον χρήστη που την δημιουργεί καθώς θεωρητικά είναι άπειρη ενώ ο χρήστης μπορεί να δει όλα τα σημεία της σκηνής που επεξεργάζεται, ακόμη και αυτά που δε θα είναι εμφανή στον παίκτη που θα χρησιμοποιήσει το τελικό προϊόν.

3.1.3 Όψη παιχνιδιού

Η όψη παιχνιδιού αποτελεί ένα χρήσιμο τρόπο ελέγχου του παιχνιδιού ώστε να γίνουν οι απαραίτητες βελτιώσεις - τροποποιήσεις πριν αυτό εξαχθεί από τη Unity. Σε αυτή την όψη ο προγραμματιστής έχει την δυνατότητα να εκτελέσει το παιχνίδι που έχει δημιουργήσει στο σύνολό του είτε με αφετηρία κάποια συγκεκριμένη σκηνή, κερδίζοντας μεγαλύτερη ευελιξία από αυτή που προσφέρει το τελικό εκτελέσιμο αρχείο. Επίσης, η κάμερα που ενεργοποιείται σε αυτή την όψη είναι η κύρια κάμερα του παιχνιδιού σε αντίθεση με μία εξωτερική νέα κάμερα που ενεργοποιείται στην όψη σκηνής. Τα κουμπιά της εργαλειοθήκης λειτουργούν στην όψη παιχνιδιού με παρόμοιο τρόπο με την όψη σκηνής ενώ τα αντικείμενα εμφανίζονται στις όψεις παρατήρησης και ιεραρχίας σε πραγματικό χρόνο καθώς το παιχνίδι εκτελείται.



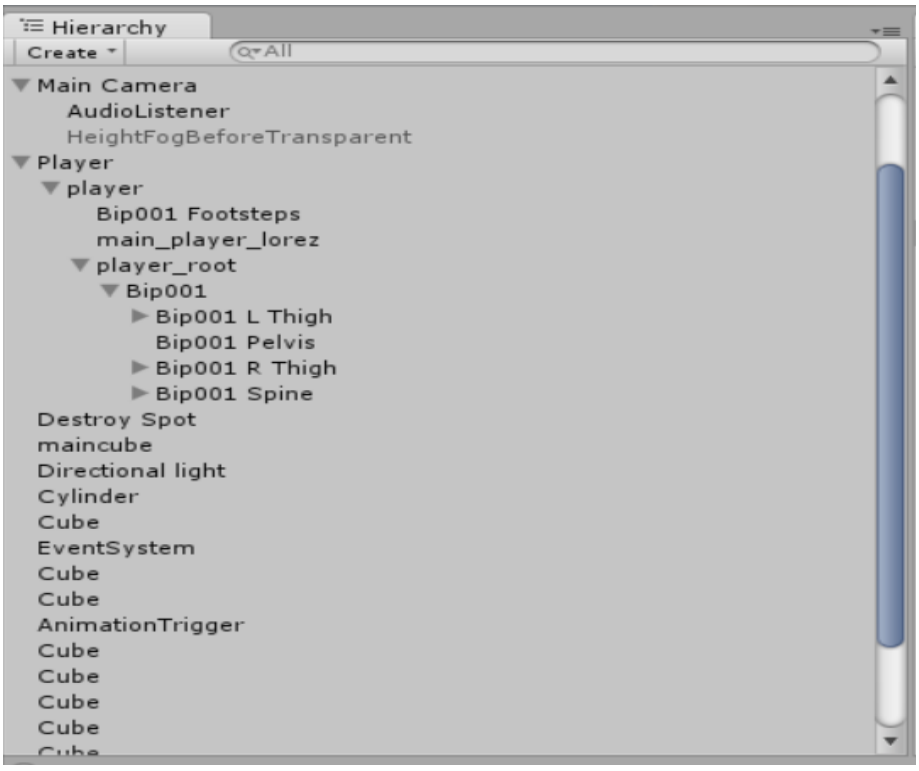
Εικόνα 11: Όψη παιχνιδιού

Ο σχεδιαστής του παιχνιδιού έχει την δυνατότητα να πραγματοποιήσει αλλαγές στα αντικείμενα αλλά όσο η όψη παιχνιδιού παραμένει ενεργή οι αλλαγές που θα πραγματοποιηθούν δεν αποθηκεύονται κατά τη μετάβαση στην όψη σκηνής. Τέλος, ο σχεδιαστής μπορεί να προσαρμόσει την ανάλυση παραθύρου και να εφαρμόσει ρυθμίσεις που επηρεάζουν την οθόνη και το παράθυρο του τελικού παιχνιδιού που θα εξαχθεί.

3.1.4 Όψη ιεραρχίας

Στην όψη ιεραρχίας περιέχεται μία λίστα με όλα τα αντικείμενα που έχει εντάξει ο δημιουργός του παιχνιδιού στην κάθε σκηνή και δίνεται η δυνατότητα ενεργοποίησης είτε απενεργοποίησης τους, η δημιουργία νέων αντικειμένων αλλά και διαγραφής αυτών που βρίσκονται ήδη στην λίστα. Ο σχεδιαστής μπορεί να καθορίσει τη σειρά με την οποία σχεδιάζονται - εμφανίζονται τα αντικείμενα στη σκηνή, ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο σε περίπτωση επικαλυπτόμενης σχεδίασης.

Παράλληλα, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας εμφωλευμένων αντικειμένων. Χαρακτηριστικό των αντικειμένων αυτών είναι ότι το γονικό αντικείμενο μπορεί να έχει ένα σύνολο συμπεριφορών και μετασχηματισμών το οποίο κληρονομούν τα αντικείμενα - παιδιά. Σε κάθε περίπτωση όμως ο σχεδιαστής μπορεί να αλλάξει τις ιδιότητες των αντικειμένων παιδιών μέσω κώδικα είτε χειροκίνητα εάν το επιθυμεί, χωρίς να επηρεάσει το γονικό αντικείμενο. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται ομάδες αντικειμένων οι οποίες προσαρμόζονται εύκολα στο παιχνίδι.

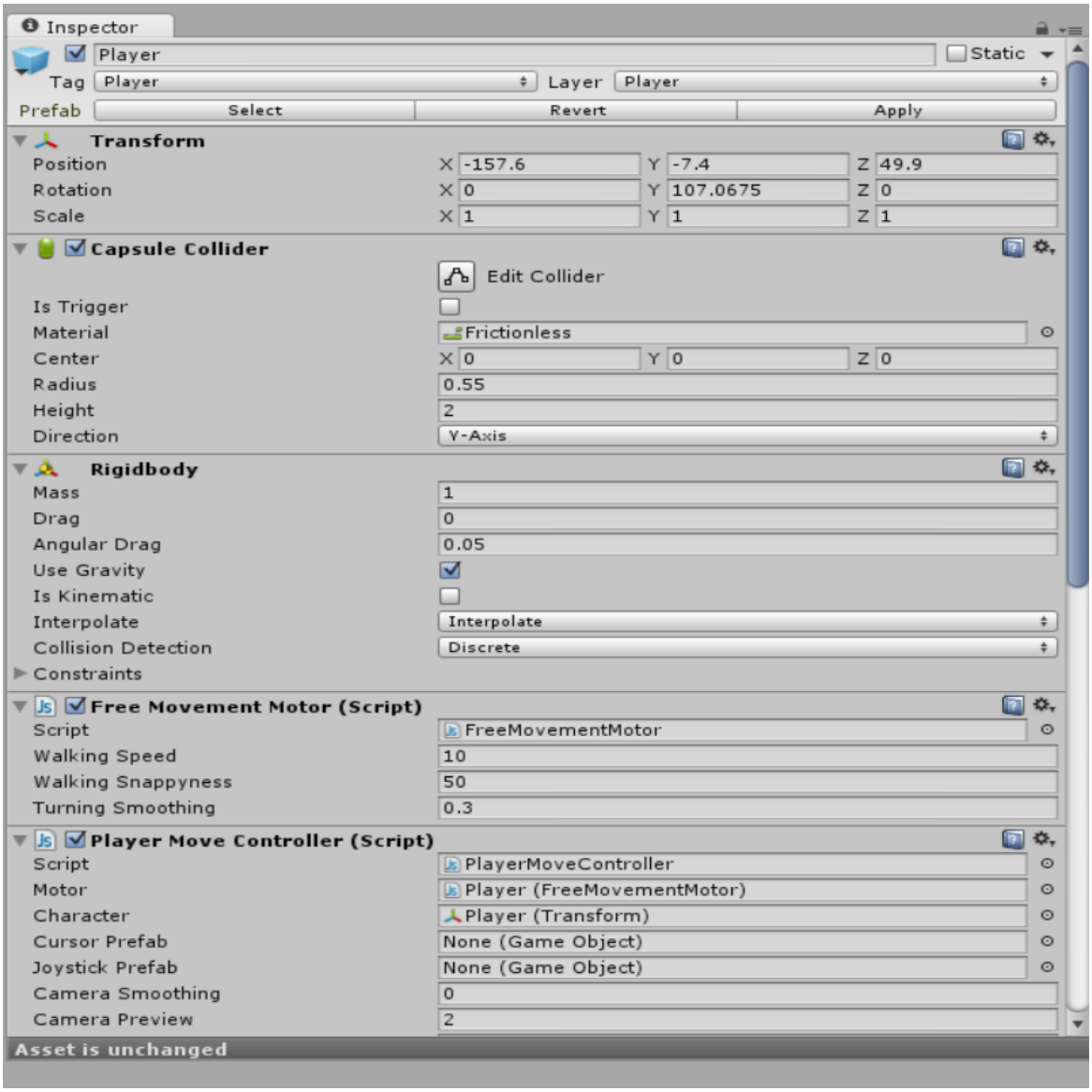


Εικόνα 12: Όψη ιεραρχίας

3.1.5 Όψη παρατήρησης

Η όψη παρατήρησης δίνει τη δυνατότητα προβολής του συστήματος συντεταγμένων του επιλεγμένου αντικειμένου καθώς και των τιμών της κάθε μεταβλητής που διαχειρίζεται ο κώδικας. Αφού πρώτα καθοριστεί σε ένα αρχείο κώδικα C# ή Javascript μέσα από αυτή την όψη μπορούν να ανατεθούν συμπεριφορές και δομικά στοιχεία στα αντικείμενα της σκηνής.

Επιπροσθέτως, άλλη μία ιδιότητα που έχει η όψη παρατήρησης είναι αυτή της διαφοροποίησης ενός αντικειμένου από άλλα του ίδιου είδους προσθέτοντας σε αυτό ετικέτες με τις οποίες μπορεί επίσης να γίνει αναφορά στο αντικείμενο μέσα στον κώδικα. Τέλος, στο κάτω μέρος του παραθύρου εμφανίζεται κάθε φορά μία προεπισκόπηση του επιλεγμένου αντικειμένου χωρίς την επίδραση των μετασχηματισμών της σκηνής.



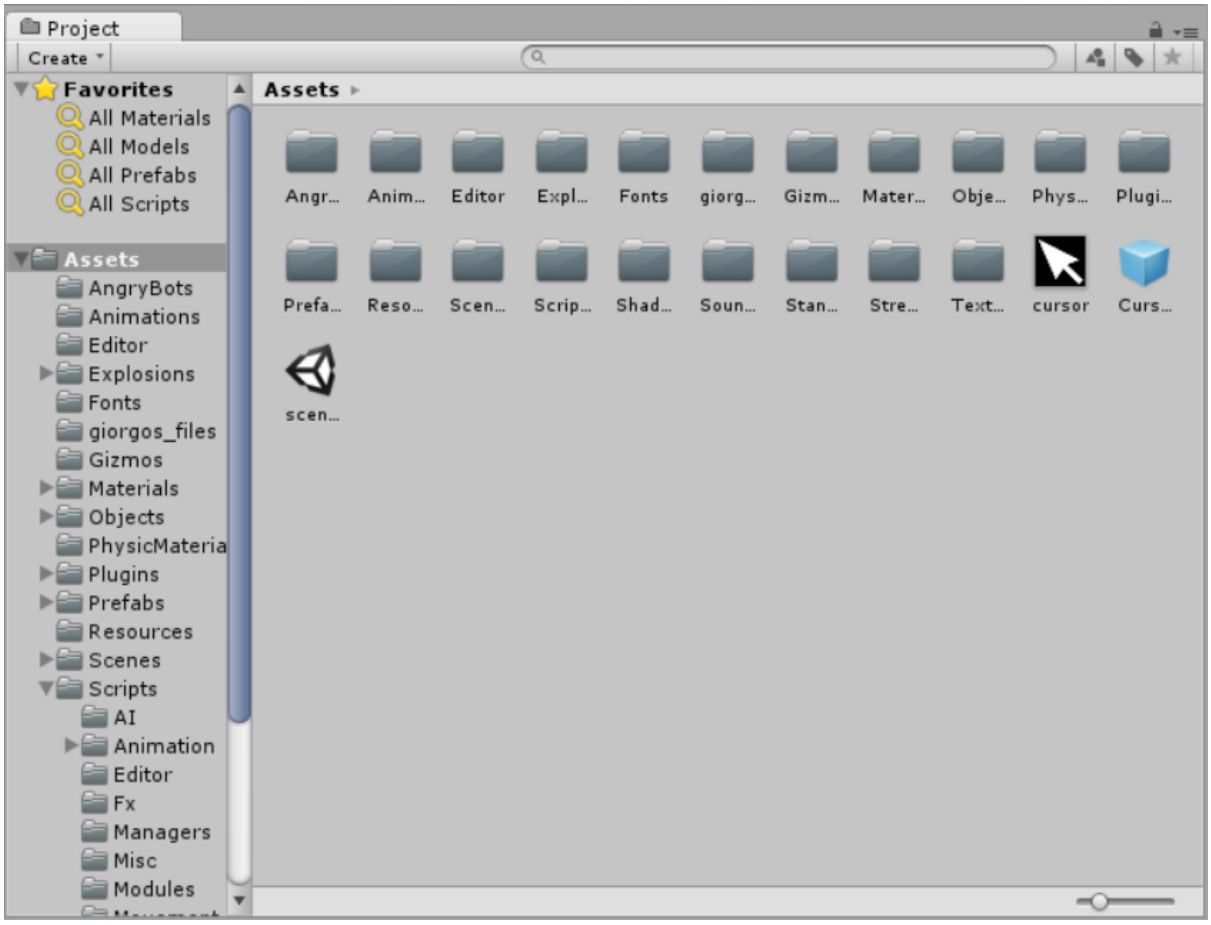
Εικόνα 13: Όψη παρατήρησης

3.1.6 Όψη περιεχομένων εργασίας

Στο πεδίο της όψης περιεχομένων βρίσκονται όλα τα σχετιζόμενα με μία συγκεκριμένη εργασία αρχεία και αντικείμενα. Τα αρχεία αυτά ταξινομούνται και προβάλλονται με ένα σύστημα φακέλων ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα αναζήτησης αρχείων μέσω της μπάρας αναζήτησης που διακρίνεται στο επάνω μέρος της εικόνας έτσι ώστε οι σχεδιαστές - προγραμματιστές παιχνιδιών να διευκολύνονται σε μεγαλύτερες και πιο πολύπλοκες εργασίες.

Η διαδικασία εισαγωγής ενός νέου αρχείου σε μία εργασία είναι ιδιαίτερα απλή καθώς γίνεται με την χρήση ενός drag – and - drop συστήματος. Κατά την εισαγωγή ενός αρχείου γίνεται αυτόματη αναγνώριση ιδιοτήτων του και το αρχείο μπορεί να προσαρτηθεί στη σκηνή αφού γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις στην όψη παρατήρησης.

Ο χρήστης επιπλέον έχει την δυνατότητα να ανοίξει και να τροποποιήσει το κάθε αρχείο απευθείας από το περιβάλλον σχεδίασης χρησιμοποιώντας ένα από τα εγκατεστημένα προγράμματα, ανάλογα με το είδος του αρχείου που θέλει να επεξεργαστεί.



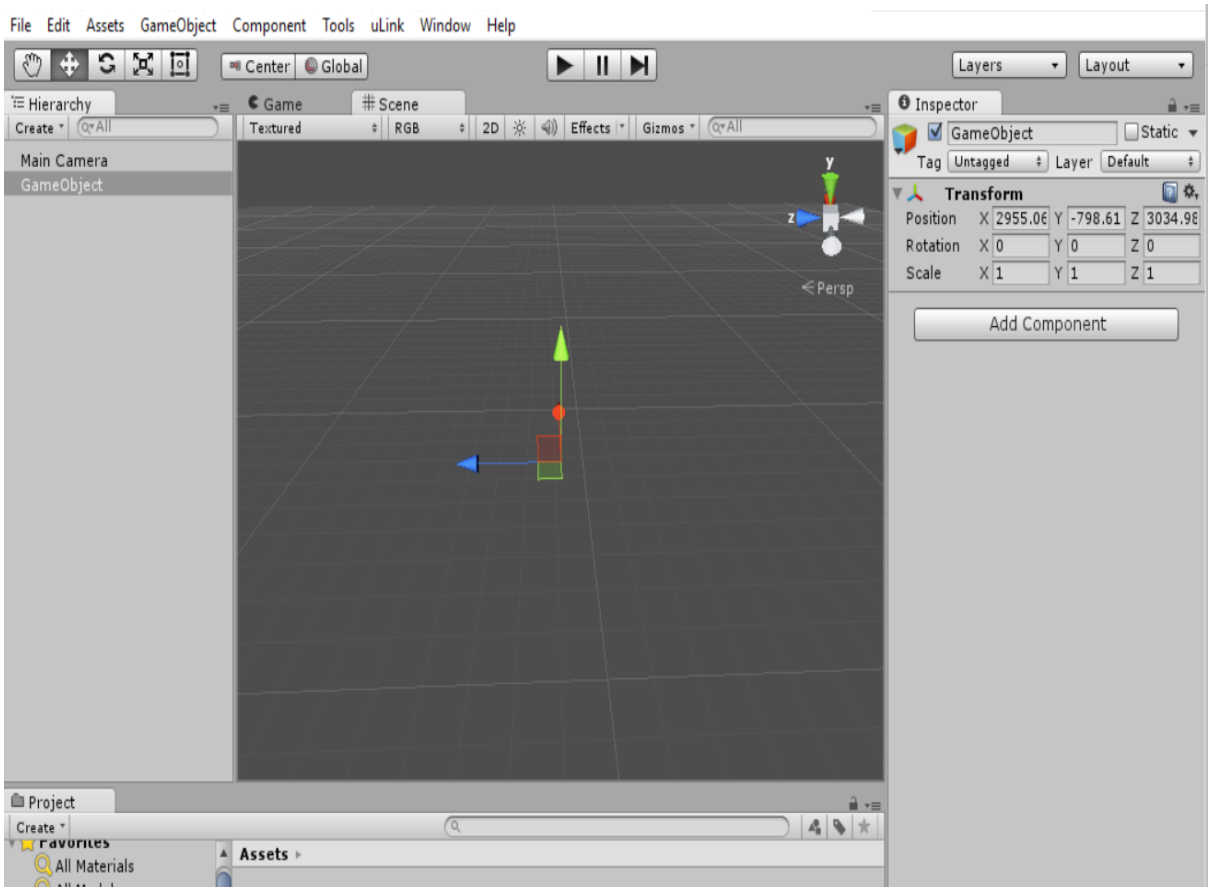
Εικόνα 14: Όψη περιεχομένων εργασίας

3.2 Αρχές λειτουργίας της Unity

Στην πλατφόρμα Unity χρησιμοποιείται ένα μοντέλο δομικών στοιχείων και συμπεριφορών το οποίο κατακερματίζει κάθε αντικείμενο της σκηνής σε δομικά στοιχεία των οποίων η συμπεριφορά καθορίζεται αποκλειστικά από τον προγραμματιστή του παιχνιδιού μέσω κώδικα. Έτσι, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τους βασικούς τρόπους με τους οποίους μπορούμε να αλληλεπιδράσουμε με τα αντικείμενα που συμπεριλαμβάνουμε στο παιχνίδι μας.

3.2.1 Αντικείμενο παιχνιδιού

Το αντικείμενο παιχνιδιού (GameObject) είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία της Unity καθώς αποτελεί το πρότυπο στο οποίο θα προσαρτηθούν δομικά στοιχεία (Components) και θα κωδικοποιηθούν συμπεριφορές (Behaviours). Η δημιουργία των αντικειμένων μπορεί να γίνει από την όψη ιεραρχίας αλλά και από τον περιηγητή περιεχομένων ενώ κάθε αντικείμενο παιχνιδιού μπορεί να λειτουργεί ανεξάρτητα είτε μαζί με άλλα αντικείμενα με τη χρήση επιπρόσθετων δομικών στοιχείων.

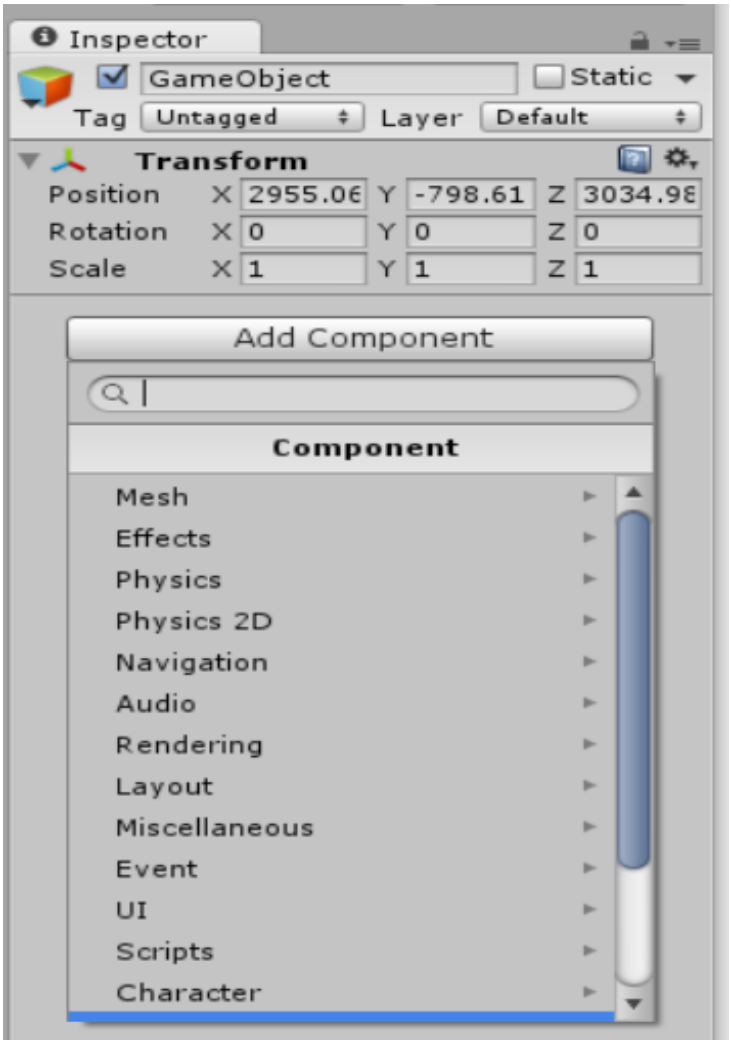


Εικόνα 15: Νέο αντικείμενο παιχνιδιού

3.2.2 Δομικά στοιχεία αντικειμένων

Τα δομικά στοιχεία (Components) αποτελούν επιμέρους κομμάτια που ενσωματώνονται στα αντικείμενα ώστε να τους δώσουν επιπλέον ικανότητες με τη χρήση μεθόδων. Οι μεταβλητές των δομικών στοιχείων μπορούν να ελεγχθούν εξ 'ολοκλήρου από την όψη παρατήρησης αλλά και να αλλάξουν προσωρινά κατά την όψη παιχνιδιού ώστε ο προγραμματιστής να μπορεί απευθείας να δει πως μεταφράζονται αυτές οι μεταβλητές.

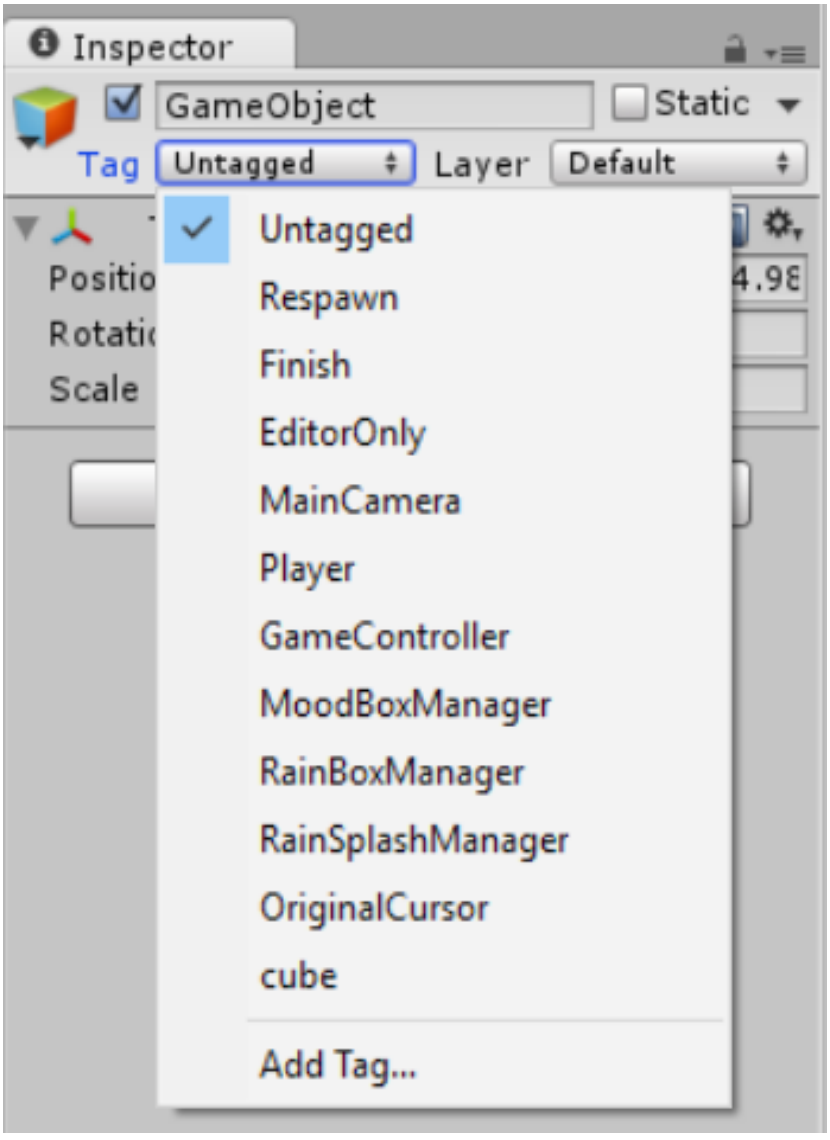
Επίσης, τα δομικά στοιχεία ανήκουν σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν στα στοιχεία που αποτελούνται μόνο από ήδη υλοποιημένες μεθόδους της Unity και αυτά τα στοιχεία συνήθως αφορούν φυσικές αλληλεπιδράσεις ή αλληλεπιδράσεις πολυμέσων ενώ στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα στοιχεία που καθορίζουν τους σύνθετους μηχανισμούς που εμπεριέχονται σε ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι, όπως κίνηση ενός χαρακτήρα στην σκηνή. Η δεύτερη κατηγορία ελέγχεται αποκλειστικά από κώδικα που αναπτύσσει ο προγραμματιστής - δημιουργός και αυτός ο κώδικας ενσωματώνεται στο επιλεγμένο αντικείμενο εκφράζοντας τη λογική του παιχνιδιού.



Εικόνα 16: Ενσωμάτωση δομικού στοιχείου σε αντικείμενο

3.2.3 Ετικέτες αντικειμένων

Οι ετικέτες (Tags) είναι λέξεις-κλειδιά οι οποίες κατηγοριοποιούν ένα αντικείμενο είτε ένα στιγμιότυπο προκατασκευασμένου αντικειμένου με σκοπό να το ομαδοποιήσουν με άλλα αντικείμενα που έχουν παρόμοια λειτουργικότητα. Η χρήση ετικετών δεν είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά την όψη σκηνής αλλά αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τους προγραμματιστές διότι με τις ετικέτες έχουν πρόσβαση σε ένα κοινό πεδίο αντικειμένων στο οποίο μπορούν με κώδικα να καθορίσουν συμπεριφορές και αλληλεπιδράσεις χωρίς να αλλάξουν την ιεραρχία σκηνής χωρίς δηλαδή να είναι απαραίτητο να δημιουργήσουν ένα νέο γονικό αντικείμενο για κάθε αντικείμενο που είναι μέλος μίας ομάδας.



Εικόνα 17: Προσθήκη ετικετών σε αντικείμενο

3.2.4 Επικαλυπτόμενη σχεδίαση

Μία μεγάλη πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές κατά την ανάπτυξη παιχνιδιών που περιέχουν πολλές κινούμενες κάμερες είναι η ταξινόμηση των αντικειμένων έτσι ώστε αυτά να σχεδιάζονται σωστά στη σκηνή. Σε μία σκηνή με πολλά αντικείμενα, η όψη ιεραρχίας δεν μπορεί να εγγυηθεί ότι η αντιστοίχηση του φωτός αλλά και των συγκρούσεων γίνεται σωστά όταν τα αντικείμενα έχουν ίδιες είτε μερικώς επικαλυπτόμενες συντεταγμένες.

Η πλατφόρμα Unity δίνει λύση σε αυτό το πρόβλημα, παρέχοντας τη δυνατότητα καθορισμού επιπέδων σχεδίασης (Layers). Κάθε επίπεδο σχεδίασης αντιμετωπίζεται αυτόνομα από κάθε κάμερα στον κόσμο παιχνιδιού ενώ η προτεραιότητά του δίνεται από τη θέση του στη λίστα επιπέδων που είναι ορατή από την όψη παρατήρησης. Κατά την επιλογή ενός αντικειμένου, η αντιστοίχηση του σε ένα επίπεδο σχεδίασης γίνεται άμεσα από την όψη παρατήρησης.



Εικόνα 18: Επικαλυπτόμενη σχεδίαση

3.3 Προγραμματισμός παιχνιδιών με χρήση C#

Ο προγραμματισμός των παιχνιδιών στην πλατφόρμα Unity βασίζεται στα πρότυπα του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού επομένως δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον καθορισμό συμπεριφορών των αντικείμενων με κώδικα ο οποίος τρέχει ανεξάρτητα από το πρόγραμμα του παιχνιδιού. Οι γλώσσες χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη των ευέλικτων Unity scripts είναι η C#, η JavaScript και η Boo ενώ για τη δημιουργία ενός παιχνιδιού μπορούν να συνυπάρχουν τμήματα κώδικα και από τις τρεις υποστηριζόμενες γλώσσες προγραμματισμού. Η επεξεργασία των τμημάτων κώδικα πραγματοποιείται με την χρήση του Visual Studio, του MonoDevelop και άλλων προγραμμάτων ανάπτυξης κώδικα που υποστηρίζει η Unity προσφέροντας παράλληλα άμεση επικοινωνία και αποσφαλμάτωση.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή ενός C# Script που κωδικοποιεί μία συμπεριφορά αντικειμένου. Η αρχικοποίηση της συμπεριφοράς του αντικειμένου καθορίζεται στην μέθοδο Start(), καθώς περιλαμβάνει τον κώδικα που εκτελείται στο πρώτο στιγμιότυπο της σκηνής ενώ η μέθοδος Update() ορίζει τις ενέργειες που θα συμβούν κατά την ανανέωση του στιγμιότυπου της σκηνής και αναφέρεται συνήθως σε εντολές που δίνει ο χρήστης.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class MainPlayer : MonoBehaviour {
     //Use this for initialization
     void Start () {
}
     //Update is called once per frame
     void Update () {
     }
}
```

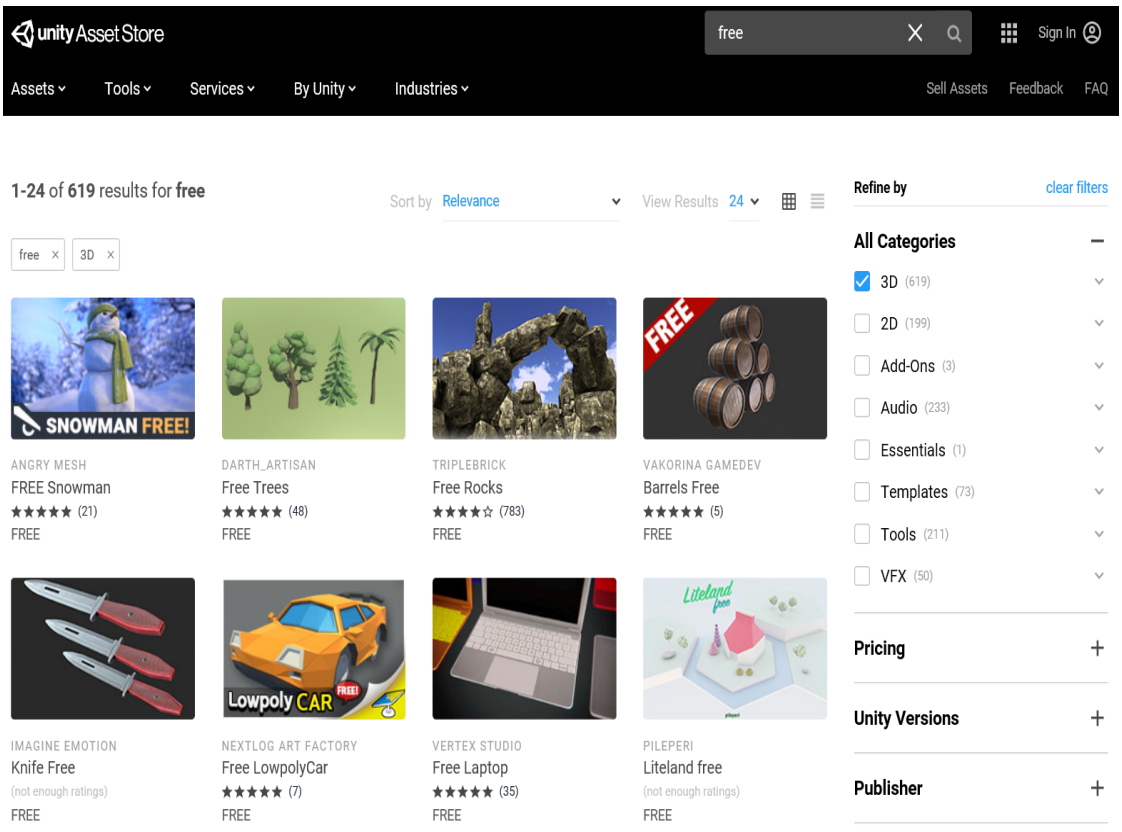
Παράθεση Κώδικα 1: Κενό αρχείο C# Script

3.4 Κατάστημα στοιχείων

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που έχουν στη διάθεσή τους οι προγραμματιστές παιχνιδιών είναι η πρόσβαση στο κατάστημα στοιχείων (Asset Store) της Unity. Μέσω αυτού του καταστήματος ο δημιουργός μπορεί να κάνει μεταφόρτωση αντικειμένων αλλά και διάφορων άλλων εργαλείων από καλλιτέχνες και προγραμματιστές έτσι ώστε εμπλουτίσει ακόμα περισσότερο το παιχνίδι του και να το κάνει πιο ρεαλιστικό και ελκυστικό.

Εκτός από τα έτοιμα αντικείμενα τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει, είτε δωρεάν είτε επί πληρωμή, ο χρήστης μπορεί επίσης να βρει οδηγούς και πρότυπα που φιλοξενούνται μέσα στο κατάστημα γεγονός που αποσκοπεί στο να βοηθηθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι νέοι δημιουργοί. Για κάθε στοιχείο που υπάρχει στο κατάστημα προσφέρονται οι απαραίτητες πληροφορίες στους σχεδιαστές των παιχνιδιών για τις υποστηριζόμενες εκδόσεις Unity όπως και εκτενείς περιγραφές για τις ιδιότητες του αντικειμένου.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του καταστήματος παίζει η κοινότητα της Unity καθώς η αλληλεπίδραση με το κατάστημα συνδέεται με το λογαριασμό του κάθε χρήστη συμβάλλοντας στην αξιολόγηση του περιεχομένου του.

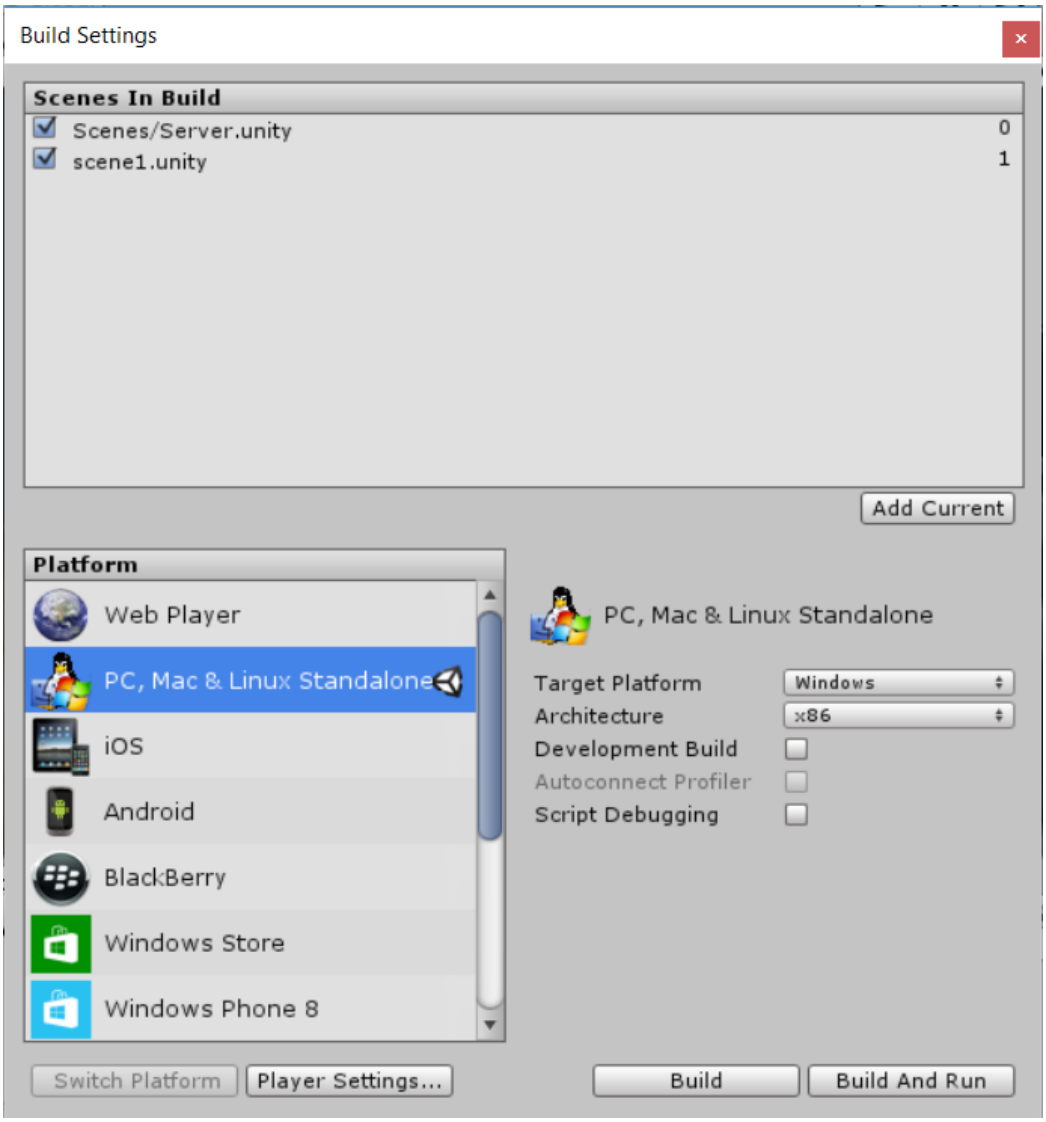


Εικόνα 19: Επισκόπηση καταστήματος στοιχείων Unity

3.5 Εξαγωγή παιχνιδιού

Όταν το παιχνίδι είναι έτοιμο ή βρίσκεται στα τελευταία στάδια υλοποίησής του, είναι αναγκαίος ο έλεγχος λειτουργίας του. Αυτό είναι προτιμότερο να πραγματοποιηθεί έξω από το περιβάλλον σχεδίασης της Unity έτσι ώστε να είναι εύκολο να διαμοιραστεί. Η Unity προσφέρει μία σειρά από εντολές που βοηθούν στην ιεράρχηση των σκηνών αλλά και στην επιλογή του συστήματος στο οποίο θα κυκλοφορήσει το παιχνίδι. Ακόμα, παρέχεται η δυνατότητα επιλογής της επιθυμητής ανάλυσης παραθύρου αλλά και της ποιότητας των γραφικών.

Τέλος, ο προγραμματιστής μπορεί να καθορίσει το λειτουργικό σύστημα, την αρχιτεκτονική των υπολογιστών που είναι κατάλληλη για το παιχνίδι που έχει δημιουργήσει και να συμπεριλάβει εργαλεία τα οποία θα μπορούν να ανιχνεύουν σφάλματα χωρίς να απαιτείται συνεχώς πρόσβαση στο τερματικό της Unity.



Εικόνα 20: Πεδίο εξαγωγής παιχνιδιού

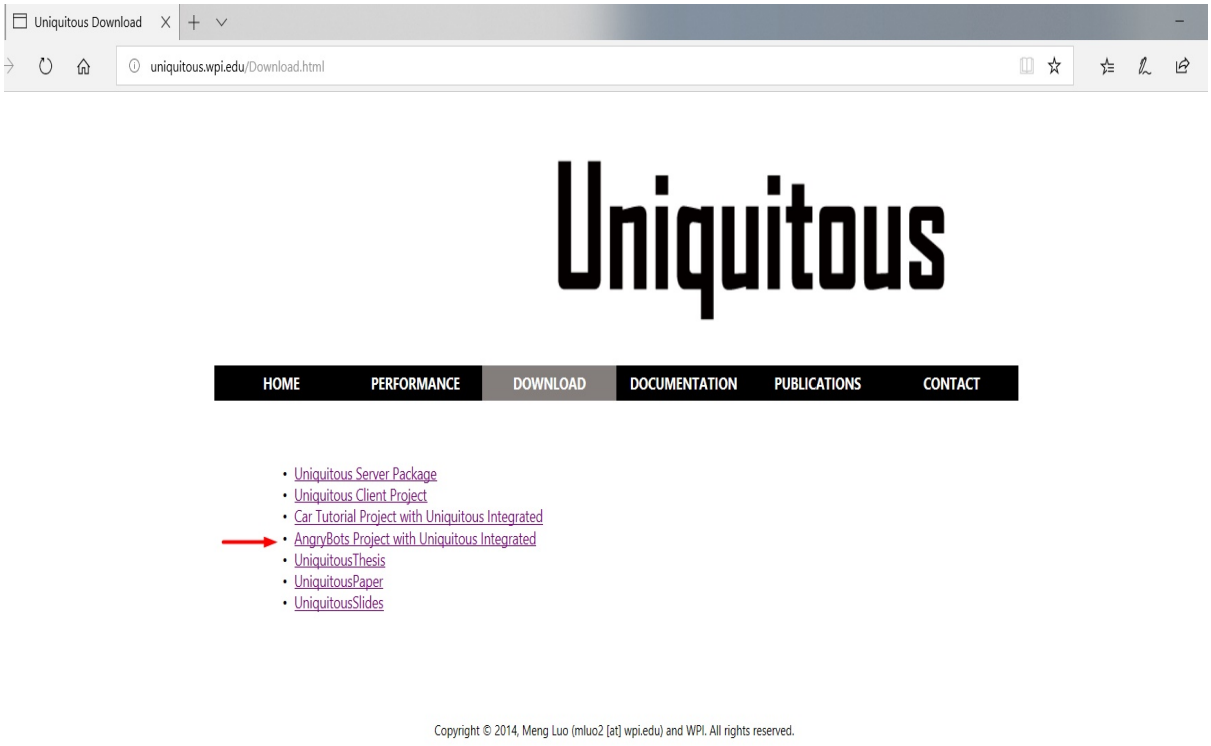
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΝΕΦΟΥΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα βήματα που πραγματοποιήθηκαν για την δημιουργία του cloud παιχνιδιού. Η δημιουργία του συγκεκριμένου παιχνιδιού αποτέλεσε βασικό πυλώνα στην εξέλιξη την παρούσας εργασίας καθώς χρησιμοποιήθηκε για την διεξαγωγή των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν.

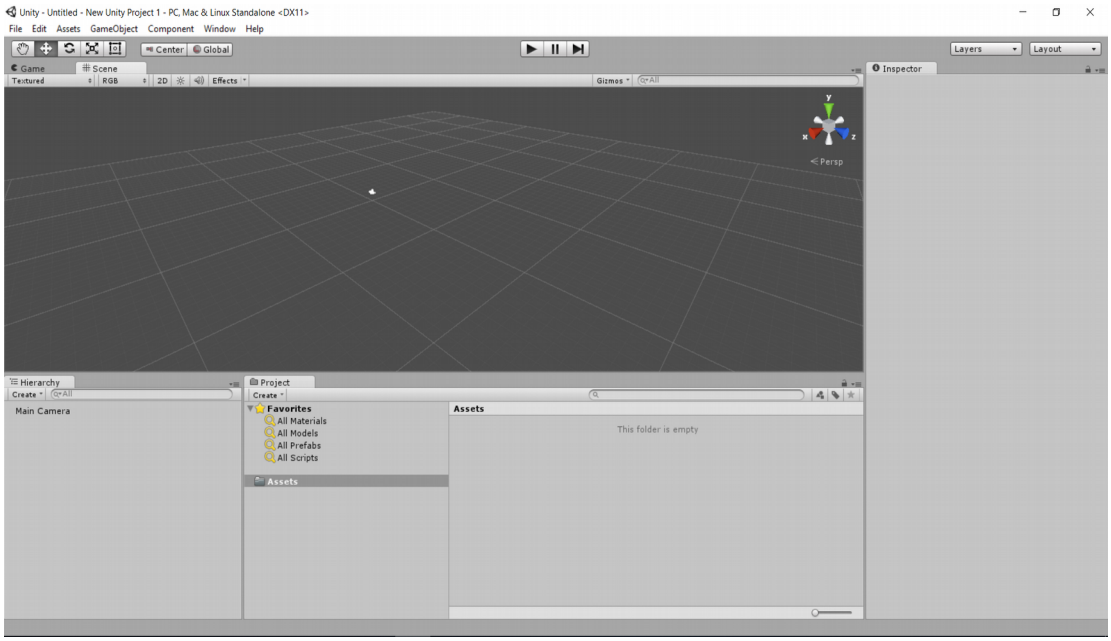
4.1 Εγκατάσταση απαιτούμενων εργαλείων

Αρχικά, μέσω της ιστοσελίδα Uniquitous (uniquitous.wpi.edu) πραγματοποιήθηκε λήψη του AngryBots Project που βρίσκεται στο πεδίο των λήψεων (DOWNLOAD).



Εικόνα 21: Πεδίο λήψεων του Uniquitous

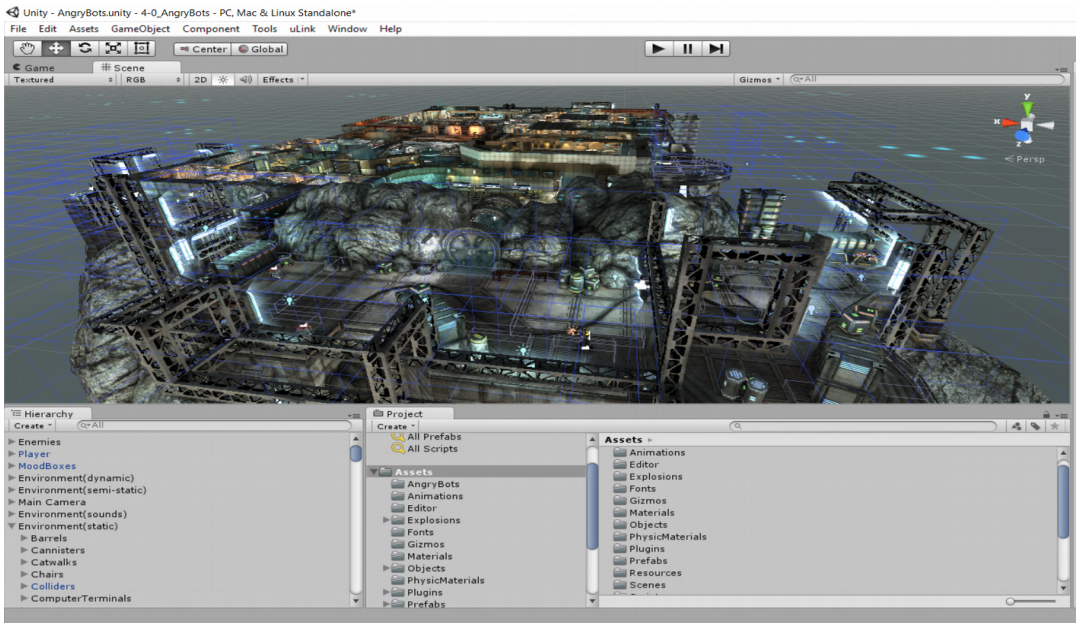
Στην συνέχεια, εγκαταστάθηκε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος θα είχε τον ρόλο του διακομιστή η πλατφόρμα Unity και πιο συγκεκριμένα η έκδοση 4.7.2 η οποία είναι απόλυτα συμβατή με τα project του Uniquitous και έτσι δεν χρειάζονται κάποια επιπλέον μετατροπή για να ‘’τρέξουν’’ και να τροποποιηθούν.



Εικόνα 22: Αρχική οθόνη της Unity 4.7.2

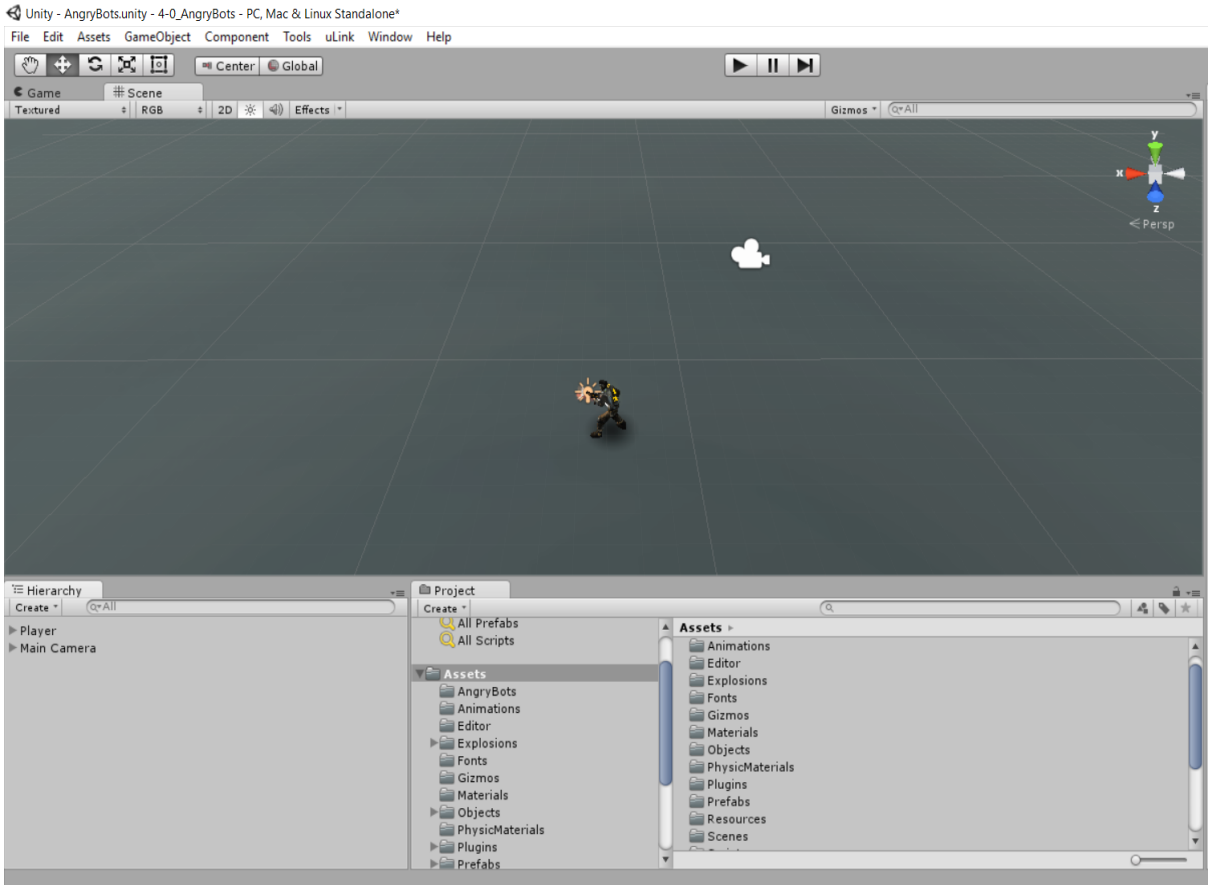
4.2 Δημιουργία σκηνής παιχνιδιού

Έπειτα, ‘’φορτώθηκε’’ στην πλατφόρμα Unity το AngryBots Project. Το παιχνίδι αυτό περιλαμβάνει μία σκηνή στην οποία ο χρήστης κινεί το βασικό χαρακτήρα (Player) εκτελώντας κάποιες αποστολές. Επιλέγοντας Assets → AngryBots αφαιρέθηκαν από την σκηνή όλα τα αντικείμενα εκτός από την κάμερα (Main Camera) και τον παίκτη (Player) . Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η σκηνή πριν και μετά την αφαίρεση των μη απαραίτητων για το νέο παιχνίδι αντικειμένων.



Εικόνα 23: Η σκηνή πριν την αφαίρεση των αντικειμένων

Σκοπός του νέου παιχνιδιού ήταν η δημιουργία μίας σκηνής στην οποία ο χρήστης – παίκτης θα καταδιώκει ένα κινούμενο αντικείμενο δίνοντας εντολές στον βασικό χαρακτήρα του παιχνιδιού. Κάθε φορά που ο χαρακτήρας θα πλησιάζει το κινούμενο αντικείμενο θα συλλέγει πόντους ενώ όταν το αντικείμενο θα απομακρύνεται από τον χαρακτήρα τότε η βαθμολογία θα σταματάει να αυξάνεται και θα ξεκινάει να αυξάνεται ξανά μόλις ο χαρακτήρας θα φτάνει και πάλι το κινούμενο αντικείμενο. Όσο περισσότερη ώρα καταφέρει ο παίκτης να βρίσκεται κοντά στο κινούμενο αντικείμενο τόσο περισσότερους πόντους θα έχει συγκεντρώσει στο τέλος της διαδρομής.

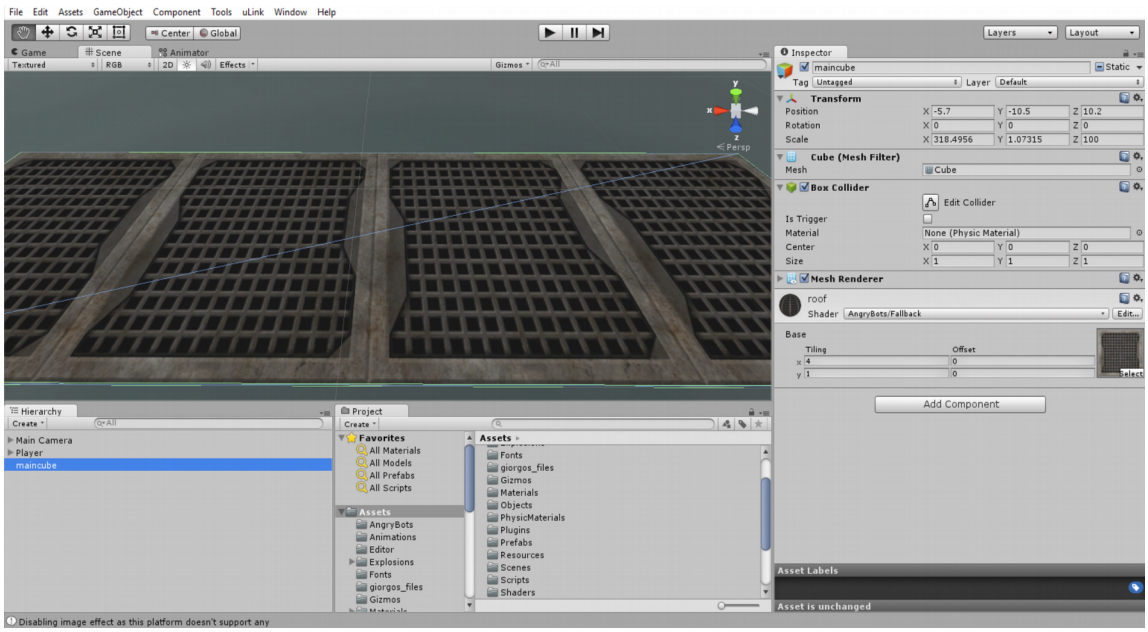


Εικόνα 24: Η σκηνή αφού αφαιρέθηκαν τα αντικείμενα

Οι ρυθμίσεις του βασικού χαρακτήρα (Player) καθώς και της κάμερας (Main Camera) παρέμειναν ίδιες καθώς ήταν πλήρως λειτουργικές και δεν επηρέαζαν με οποιοδήποτε δυσάρεστο τρόπο την δημιουργία της νέας σκηνής.

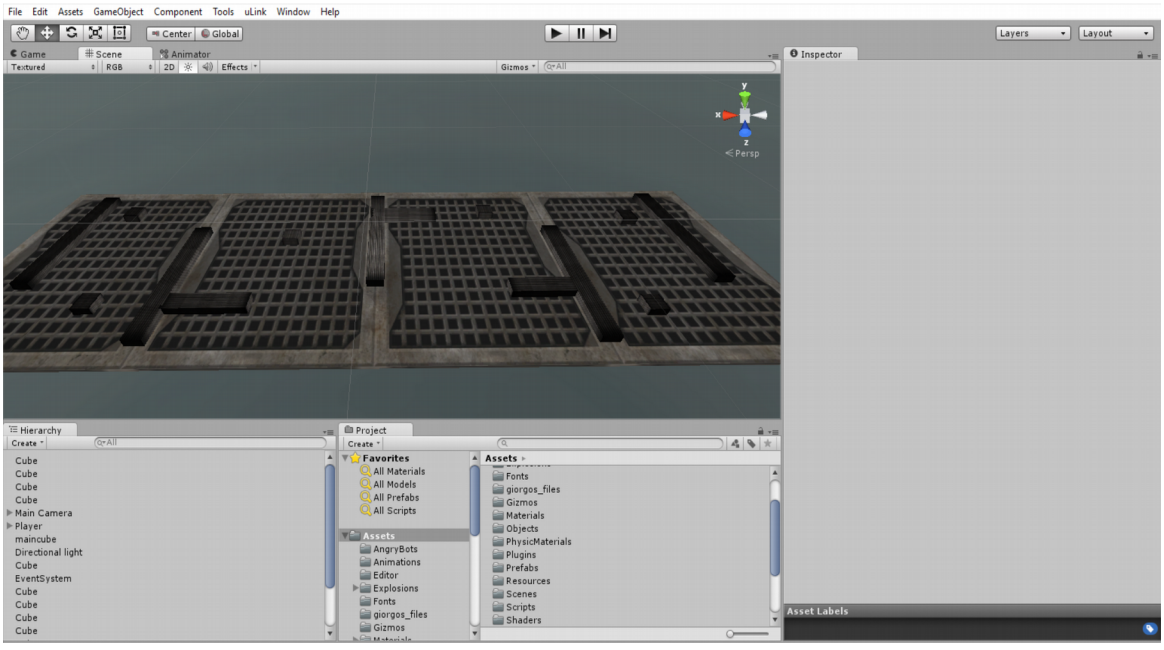
4.2.1 Προσθήκη δαπέδου και εμποδίων

Επιλέγοντας Create→ 3D Object → Cube και αφού η σκηνή πλέον περιλάμβανε μόνο τον παίκτη και την κάμερα ξεκίνησε η δημιουργία της νέας σκηνής προσθέτοντας το δάπεδο πάνω στο οποίο τοποθετήθηκε και η κατάλληλη ταπετσαρία.



Εικόνα 25: Προσθήκη δαπέδου

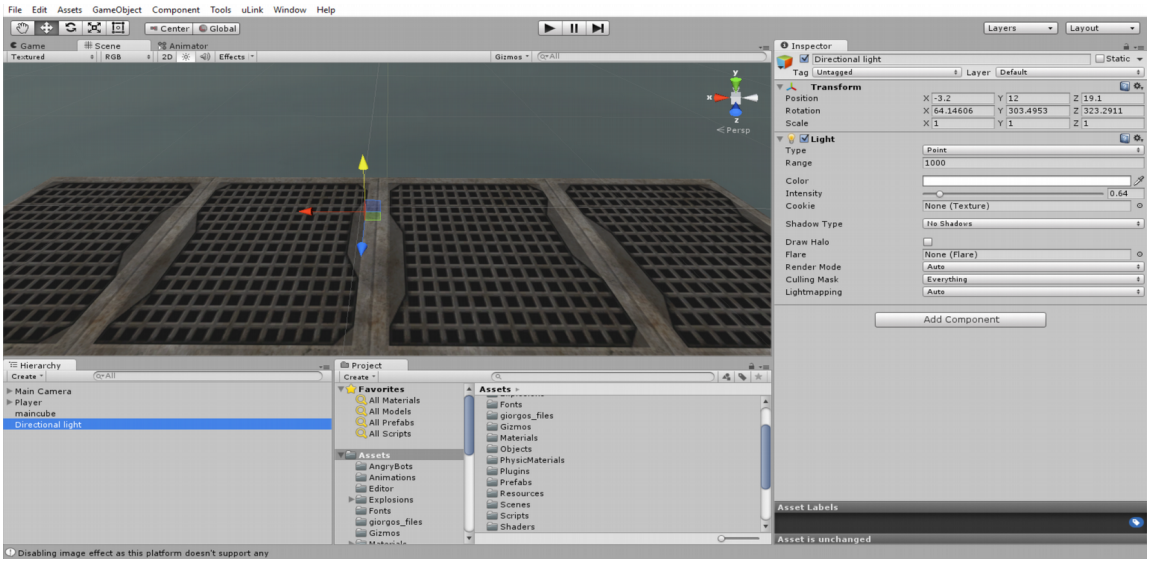
Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που δημιουργήθηκε το δάπεδο στην συνέχεια προστέθηκαν οι τοίχοι – εμπόδια της σκηνής και επάνω τους τοποθετήθηκαν οι ανάλογες ταπετσαρίες.



Εικόνα 26: Προσθήκη εμποδίων

4.2.2 Προσθήκη φωτισμού

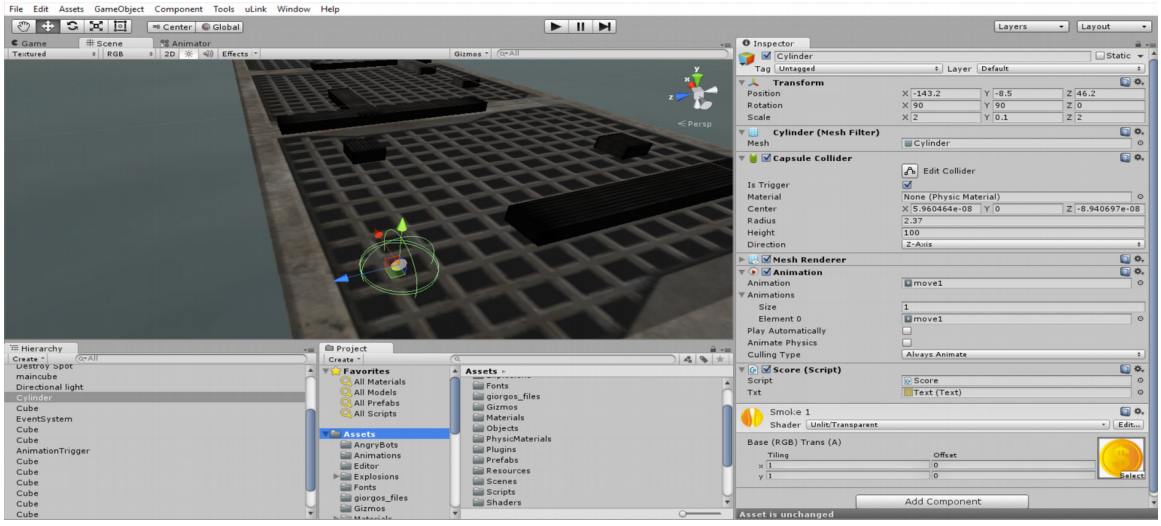
Για να υπάρχει σωστός φωτισμός και να διακρίνονται καλύτερα τα αντικείμενα της σκηνής τοποθετήθηκε επιπλέον φως στο κατάλληλο σημείο επιλέγοντας Create → Light → Directional Light. Η πλατφόρμα Unity προσφέρει ένα πλήθος διαφορετικών ειδών φωτισμού με την χρήση των οποίων ο δημιουργός μπορεί να δώσει περισσότερη ή λιγότερη έμφαση και κάποιο σημείο ή αντικείμενο της σκηνής.



Εικόνα 27: Προσθήκη φωτισμού

4.2.3 Προσθήκη νομίσματος

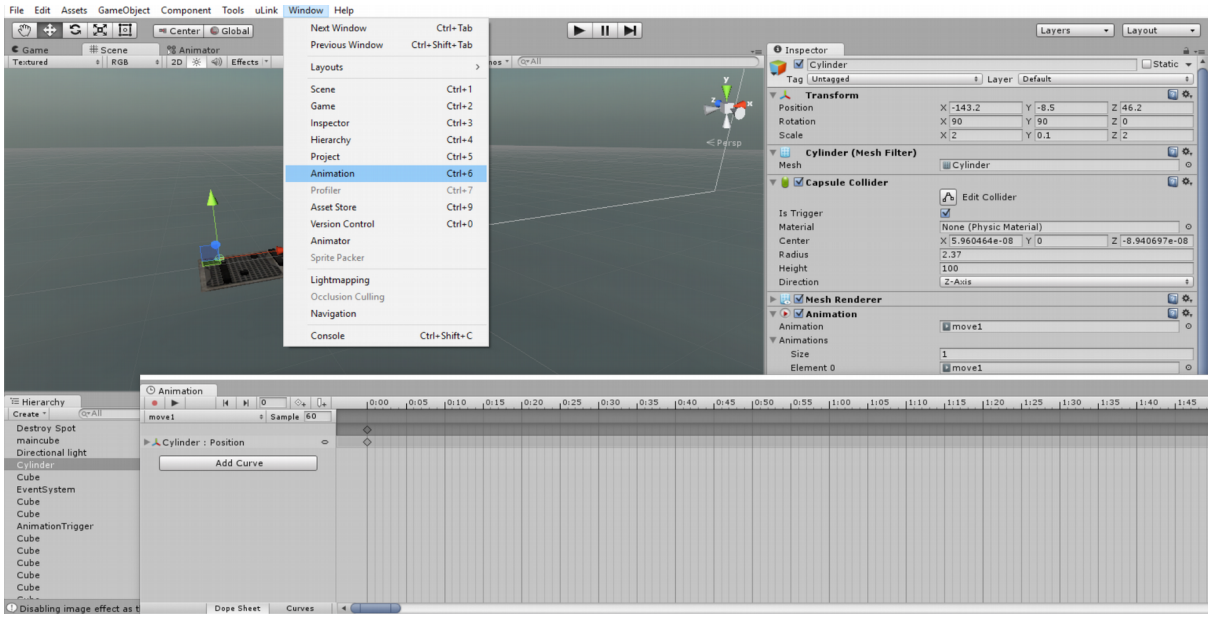
Σειρά είχε η δημιουργία ενός αντικειμένου το οποίο θα παίξει τον ρόλο του θηράματος στο παιχνίδι. Επιλέγοντας Create→ 3D Object → Cylinder κατασκευάστηκε ένας κύλινδρος ο οποίος περιστράφηκε, τροποποιήθηκαν οι διαστάσεις του και προστέθηκε ταπετσαρία στην επιφάνεια του έτσι ώστε να μοιάζει με νόμισμα.



Εικόνα 28: Προσθήκη νομίσματος

4.2.4 Προσθήκη κίνησης στο νόμισμα

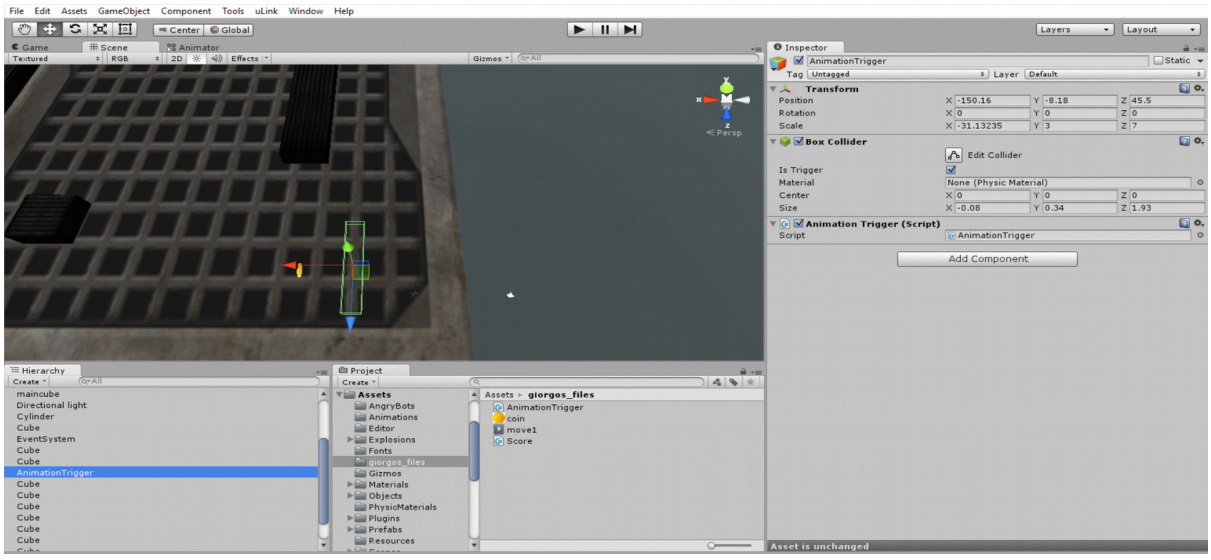
Η προσθήκη της κίνησης στο νόμισμα έγινε επιλέγοντας το αντικείμενο και στην συνέχεια Window → Animation. Έπειτα καθορίστηκαν μέσω του χρονοδιαγράμματος που εμφανίστηκε ο χρόνος που θα διαρκεί η κίνηση και τα σημεία από τα οποία θα διέρχεται το νόμισμα.



Εικόνα 29: Προσθήκη κίνησης

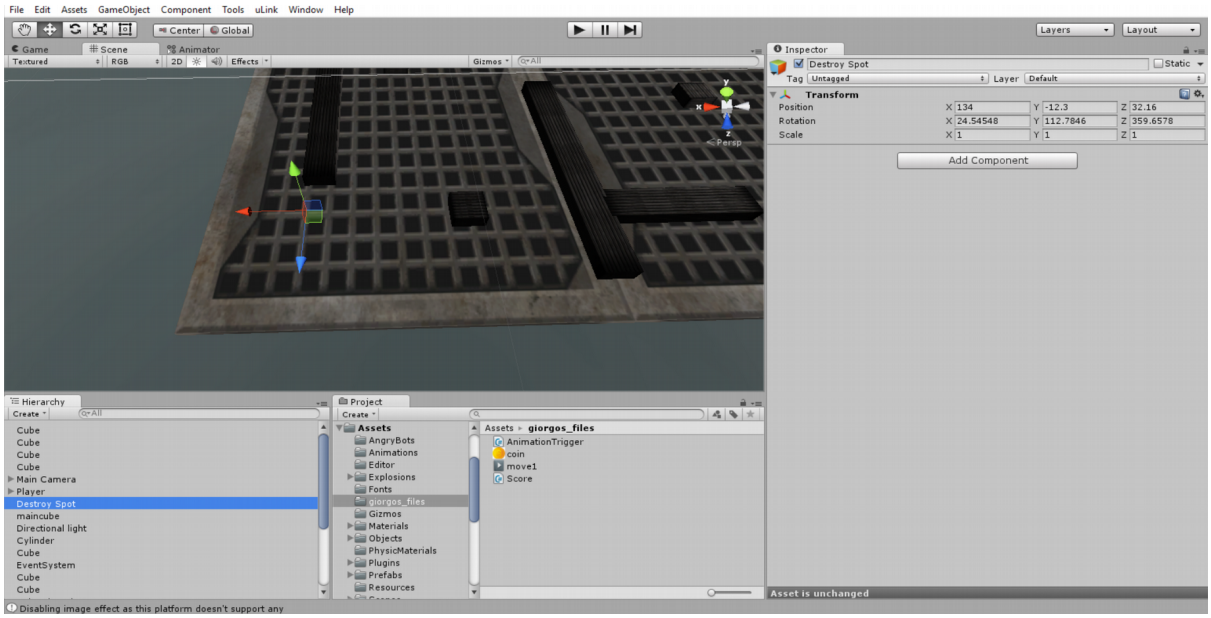
4.2.5 Προσθήκη σημείου εκκίνησης και καταστροφής

Προκειμένου να ξεκινάει η κίνηση του νομίσματος την κατάλληλη στιγμή τοποθετήθηκε ένα αόρατο σημείο (AnimationTrigger) μπροστά απο την αρχική θέση του νομίσματος με σκοπό, αφού δημιουργηθούν τα απαραίτητα τμήματα κώδικα, να ξεκινάει το νόμισμα την προκαθορισμένη διαδρομή του μόνο όταν ο παίκτης θα περάσει πάνω απο το συγκεκριμένο σημείο.



Εικόνα 30: Προσθήκη σημείου εκκίνησης

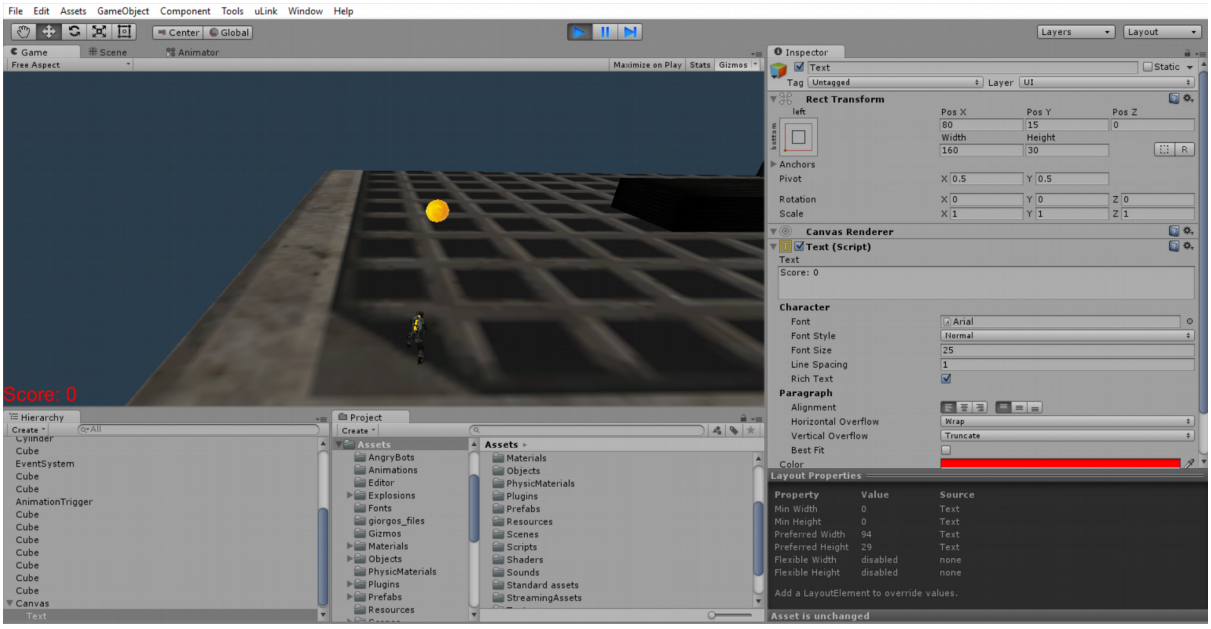
Επίσης, στο τέλος της διαδρομής του νομίσματος προστέθηκε ένα ακόμα αόρατο σημείο (Destroy Spot) με σκοπό να εξαφανίζεται το νόμισμα όταν φτάνει σε αυτό και έτσι ο παίκτης να μην μπορεί να συγκεντρώσει επιπλέον βαθμούς από εκεί και έπειτα.



Εικόνα 31: Προσθήκη σημείου καταστροφής του νομίσματος

4.2.6 Προσθήκη μετρητή πόντων

Ο σχεδιασμός της σκηνής ολοκληρώθηκε με την προσθήκη ενός πλαισίου στο κάτω αριστερό τμήμα της οθόνης στο οποίο καταγράφονται οι πόντοι που συγκεντρώνει ο παίκτης. Το πλαίσιο καταγραφής των πόντων δημιουργήθηκε επιλέγοντας Create → UI → Text και ύστερα προσαρμόστηκε η θέση και η μορφή του μέσω των ρυθμίσεων στο παράθυρο Inspector.



Εικόνα 32: Προσθήκη μετρητή πόντων

4.3 Ανάπτυξη κώδικα

Τέλος, δημιουργήθηκαν δύο ξεχωριστά τμήματα κώδικα (C# Scripts). Το πρώτο (AnimationTrigger) ενσωματώθηκε στο αόρατο σημείο εκκίνησης και είναι αυτό που δίνει την εντολή στο νόμισμα να ξεκινήσει να κινείται μόλις ο χαρακτήρας περάσει επάνω απο το συγκεκριμένο σημείο.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class AnimationTrigger : MonoBehaviour {

     private Animation anim;
     void Start(){
          anim=GameObject.Find
("Cylinder").GetComponent<Animation> ();
     }
     void OnTriggerEnter (Collider col){
          if (col.transform.tag == "Player") {
               anim.Play("move1");
          }
     }
}
```

Παράθεση Κώδικα 2: AnimationTrigger C# Script

Το δεύτερο C# Script (Score) ενσωματώθηκε στο κινούμενο νόμισμα. Με το συγκεκριμένο τμήμα κώδικα οι πόντοι αυξάνονται κάθε φορά μου το χαρακτήρας πλησιάζει το κινούμενο νόμισμα ενώ όταν το νόμισμα απομακρυνθεί η συλλογή το πόντων σταματάει έως ότου ο χαρακτήρας να το πλησιάσει ξανά. Επίσης, το Script αυτό εξαφανίζει το νόμισμα όταν φτάσει στο προκαθορισμένο σημείο (Destroy Spot) που βρίσκεται στο τέλος της διαδρομής ώστε να μην μπορεί ο παίκτης από το σημείο αυτό και μετά να συλλέξει άλλους βαθμούς.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEngine.UI;

public class Score : MonoBehaviour {
     public Text txt;
     private int score=0;
     private Transform destroySpot;

     void Start(){
               destroySpot = GameObject.Find ("Destroy
Spot").GetComponent<Transform> ();
     }
     void OnTriggerStay (Collider col){
          if (col.transform.tag == "Player") {
               score=score+1;
          }
     }

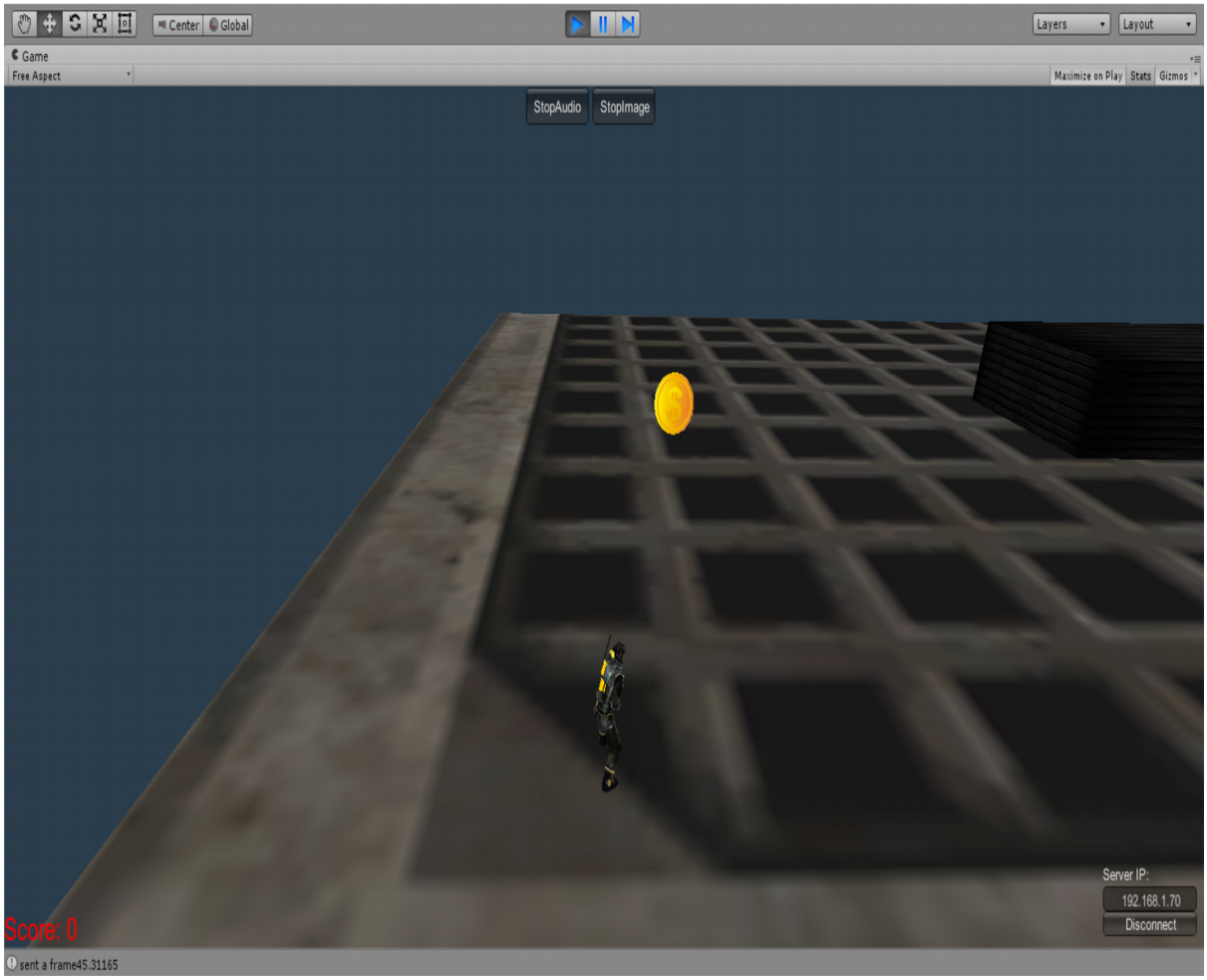
     // Update is called once per frame
     void Update () {
          txt.text = "Score: " + score;
          if (Vector3.Distance(this.transform.position,
destroySpot.position) <12f) {
               Destroy(this.gameObject);
          }
     }
}
```

Παράθεση Κώδικα 3: Score C# Script

4.4 Σύνδεση πελάτη - διακομιστή

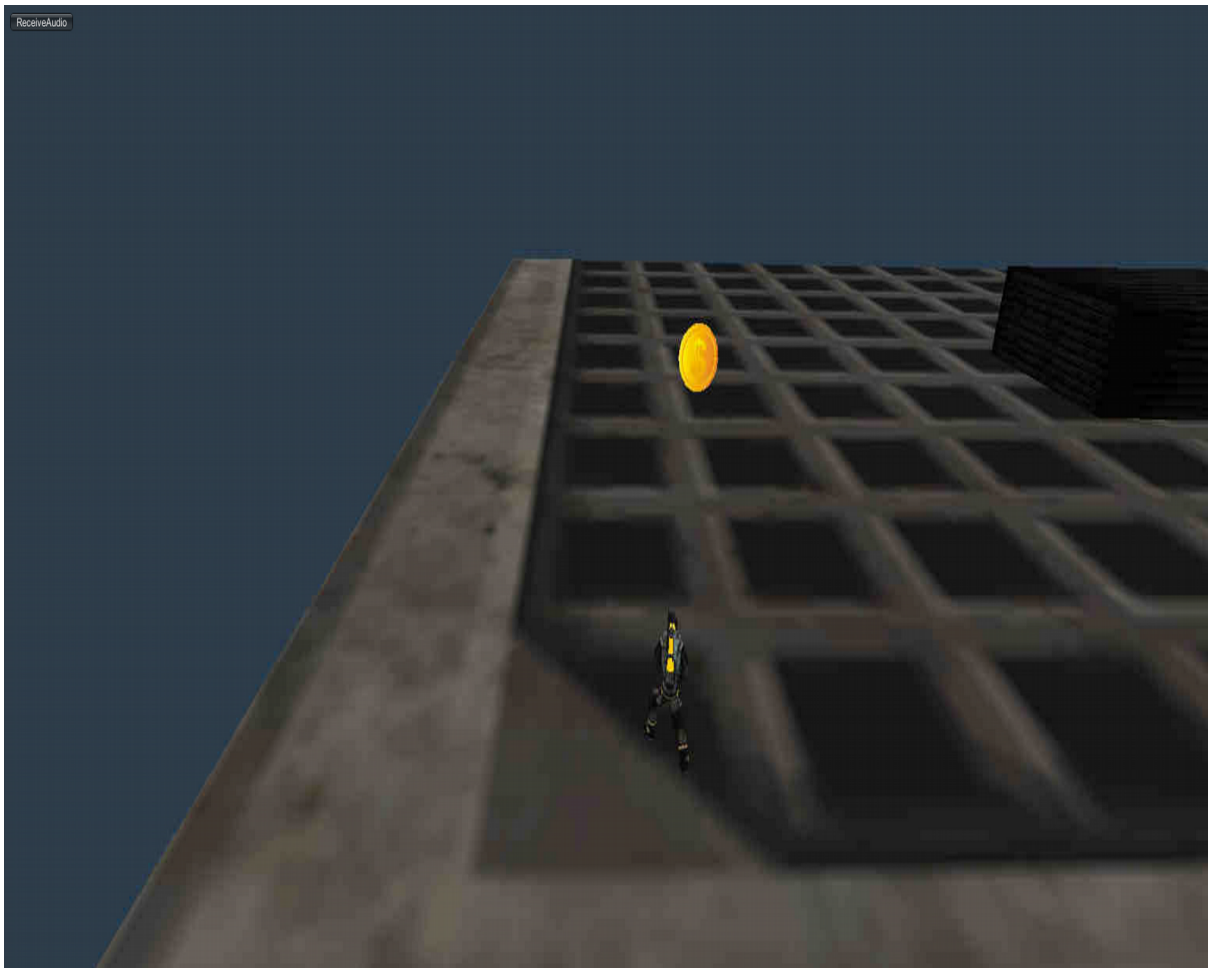
Ο σχεδιασμός της σκηνής ολοκληρώθηκε επομένως ο πελάτης (Client) έχει την δυνατότητα να συνδεθεί από το σύστημα του με το σύστημα του διακομιστή (Server) και να παίξει το παιχνίδι. Η προετοιμασία που διακομιστή για να δεκτεί τον πελάτη πραγματοποιείται επιλέγοντας Assets → Scenes→ Server. Στην συνέχεια, κάνοντας κλικ με τον κέρσορα στο πλήκτρο εκκίνησης που βρίσκεται στο επάνω μέρος εμφανίζεται η σκηνή.

Έπειτα, επιλέγουμε Initialize Server και με τον αριθμό IP που εμφανίζεται ο πελάτης μπορεί να συνδεθεί με τον διακομιστή. Απαραίτητη είναι και η επιλογή του πλαισίου StartImage ώστε αφού συνδεθεί ο πελάτης να μπορεί να λαμβάνει εικόνα την εικόνα της σκηνής του παιχνιδιού απο το σύστημα του διακομιστή.



Εικόνα 33: Η οθόνη του διακομιστή

Ο πελάτης για να προετοιμάσει το σύστημα του να συνδεθεί με το σύστημα του διακομιστή πρέπει αφού κάνει λήψη του αρχείου Uniquitous Client Project (Εικόνα 21, σελίδα 50) να το ‘’ανοίξει’’ με την χρήστη της Unity (4.7.2) και ύστερα να επιλέξει Assets → Scenes→ Client. Αφού κάνει κλικ με τον κέρσορα στο πλήκτρο εκκίνησης στο επάνω μέρος της οθόνης, τοποθετεί την διεύθυνση IP του διακομιστή στο πλαίσιο που εμφανίζεται και επιλέγοντας Client Connect μπορεί πλέον να παίξει το παιχνίδι σαν να είναι εγκατεστημένο στο δικό του σύστημα.



Εικόνα 34: Η οθόνη του πελάτη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

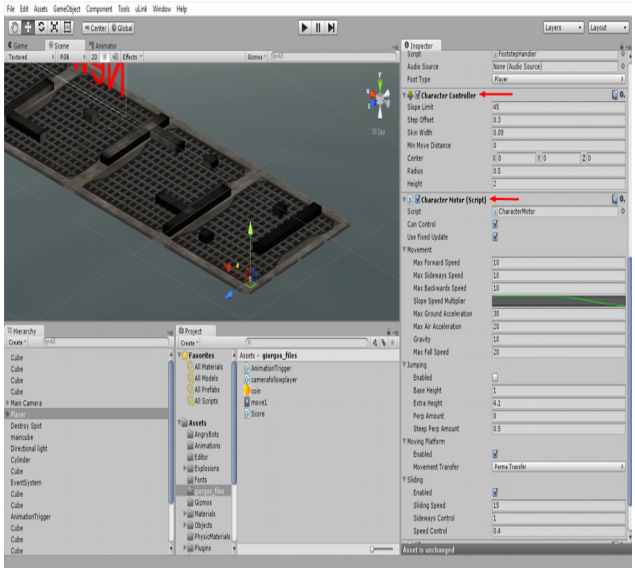
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΠΙΚΩΣ ΕΚΤΕΛΕΣΙΜΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΟΥ

Βασικός στόχος της εργασίας ήταν να έρευνα και η καταγραφή των διαφορών των παιχνιδιών νέφους σε σχέση να τα τοπικώς εκτελέσιμα παιχνίδια τα οποία χρειάζονται πλήρη εγκατάσταση στο σύστημα του χρήστη. Επομένως, ήταν απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός παιχνιδιού το οποίο θα πλησίαζε όσο το δυνατόν περισσότερο αυτό που σχεδιάστηκε αρχικά με την διαφορά ότι αυτή την φορά δεν θα έπρεπε να τρέχει μέσω διακομιστή – πελάτη αλλά θα απαιτούσε εγκατάσταση στο σύστημα του χρήστη. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός έγινε αντιγραφή όλων των αντικειμένων της σκηνής του Cloud παιχνιδιού και στην συνέχεια τροποποιήθηκαν ορισμένες από τις υπάρχουσες ρυθμίσεις και παραμέτρους καθώς και κάποια τμήματα του κωδικά ώστε ο παίκτης να μπορεί να κάνει χρήση του παιχνιδιού δίχως την παρουσία πακέτου πελάτη – διακομιστή.

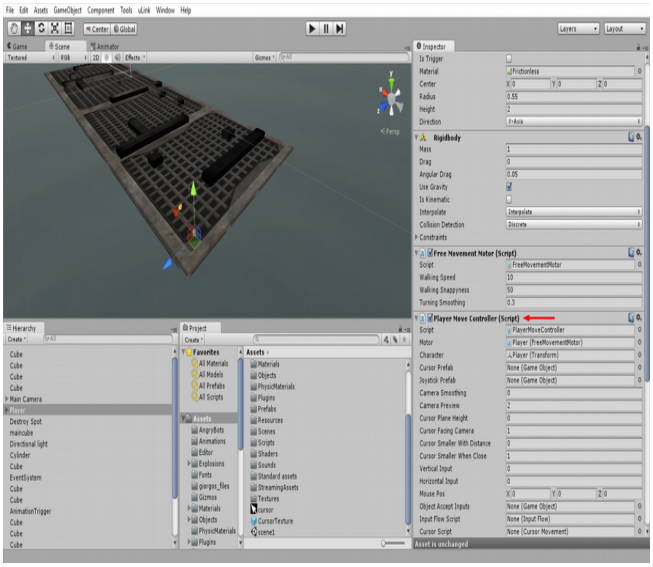
5.1 Τροποποίηση παραμέτρων

Η αλλαγή των παραμέτρων του βασικού χαρακτήρα ήταν η πρώτη ενέργεια που έπρεπε να πραγματοποιηθεί ώστε να αποκτήσει ο χρήστης την δυνατότητα να διαχειρίζεται τον χαρακτήρα ενώ το παιχνίδι ‘’τρέχει’’ τοπικά στο σύστημα του κάτι που δεν μπορούσε να συμβεί έως εκείνη την στιγμή καθώς ο χαρακτήρας αποκτούσε την δυνατότητα κίνησης μόνο έπειτα απο την σύνδεση του πελάτη στον διακομιστή.

Από τις ρυθμίσεις του βασικού χαρακτήρα αφαιρέθηκε η παράμετρος Player Move Controller (Script) που αφορούσε την κίνηση κίνηση του χαρακτήρα και στην συνέχεια προστεθήκαν οι παράμετροι Character Controller και Character Motor (Script), ώστε να λυθεί το πρόβλημα της κίνησης που υπήρχε.



Εικόνα 35: Νέοι παράμετροι χαρακτήρα



Εικόνα 36: Παράμετροι στο Cloud παιχνίδι

5.2 Ανάπτυξη κώδικα

Τέλος, ήταν απαραίτητη η προσθήκη ενός νέου τμήματος κώδικα (C# Script) στην κάμερα ώστε να μπορεί να ακολουθεί την πορεία του χαρακτήρα μία ιδιότητα που επίσης την αποκτούσε μετά την σύνδεση πελάτη – διακομιστή.

Το νέο Script ενσωματώθηκε στις ρυθμίσεις της κάμερας (Main Camera) και της έδωσε την δυνατότητα να κινείτε μαζί με τον χαρακτήρα από την στιγμή που το παιχνίδι ξεκινήσει να ‘’τρέχει’’ τοπικά στο σύστημα.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;

public class camerafollowplayer : MonoBehaviour {
     public Transform PlayerTransform;
     private Vector3 _cameraOffset;

     [Range(0.01f, 1.0f)]
     public float SmoothFactor = 0.5f;
     void Start () {
      _cameraOffset=transform.position - PlayerTransform.position;
     }
     // Update is called once per frame
     void LateUpdate () {

          Vector3 newPos=PlayerTransform.position + _cameraOffset;

          transform.position = Vector3.Slerp (transform.position,
newPos, SmoothFactor);
     }
}
```

Παράθεση Κώδικα 4: Camerafollowplayer C# Script

5.3 Τελική Μορφή Τοπικώς Εκτελέσιμου Παιχνιδιού

Μετά την ολοκλήρωση των αλλαγών που αναφέρονται παραπάνω το νέο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι έγινε πλήρως λειτουργικό ενώ η όψη της σκηνής είναι ακριβώς ίδια με αυτή του παιχνιδιού νέφους που σχεδιαστικέ αρχικά.



Εικόνα 37: Η οθόνη του local παιχνιδιού

Στην παραπάνω εικόνα παρουσιάζεται η σκηνή του τοπικώς εκτελέσιμου παιχνιδιού σκοπός του οποίου ήταν να λειτουργεί δίχως το σύστημα διακομιστή και πελάτη. Για να επιτευχθεί αυτό προηγήθηκε μια σειρά από τροποποιήσεις στο παιχνίδι νέφους ώστε στην νέα αυτή έκδοση να μπορεί να ‘’τρέχει’’ κανονικά όχι μέσω κάποιου διακομιστή αλλά ύστερα από εγκατάσταση στο σύστημα του χρήστη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

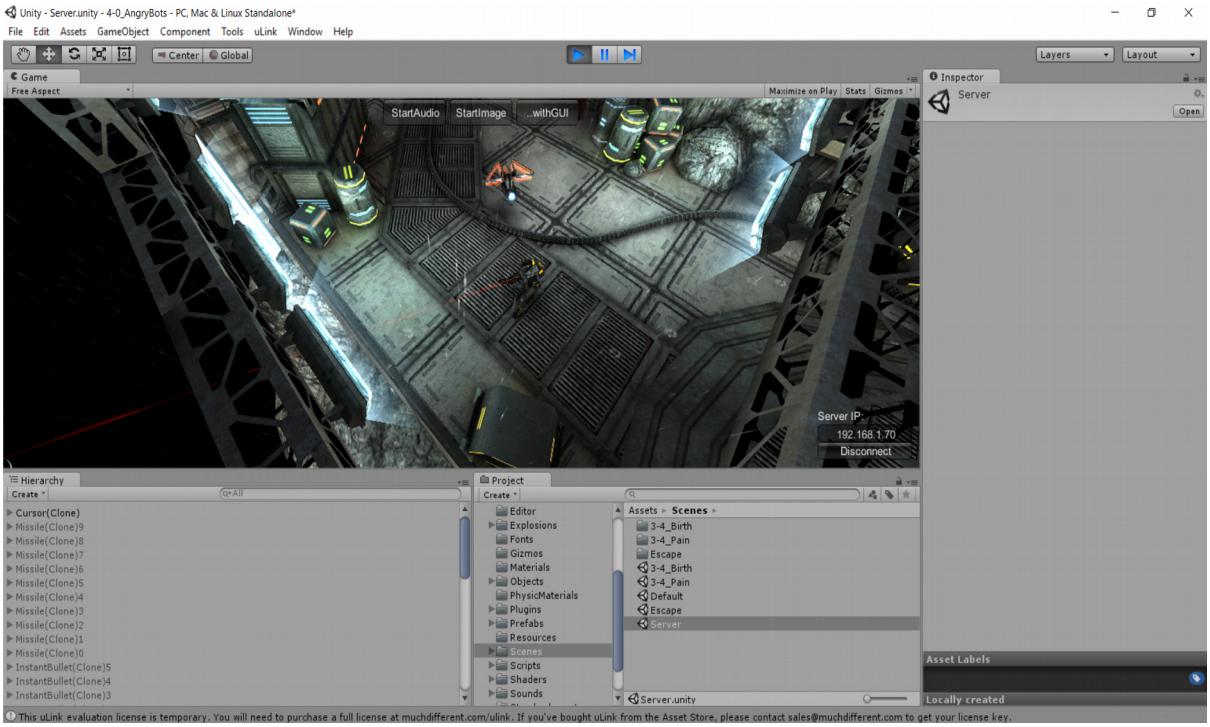
Στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας ήταν απαραίτητη η διεξαγωγή ορισμένων πειραμάτων ώστε να γίνει όσο το δυνατόν περισσότερο κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ένα σύστημα παιχνιδιών νέφους, ποιες είναι οι ανάγκες που που έχουν τα συστήματα αυτά όσο αφορά την κίνηση των δεδομένων στο δίκτυο και πόσο επηρεάζονται από την ένταση του παιχνιδιού, ποιες είναι οι αδυναμίες και τα πλεονεκτήματα των παιχνιδιών νέφους σε σχέση με τα τοπικώς εκτελέσιμα παιχνίδια και πώς αυτά διαμορφώνουν την εμπειρία του χρήστη.

Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν δύο πειράματα ώστε να δοθούν απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα. Το πρώτο πείραμα αφορούσε την κίνηση των δεδομένων στο δίκτυο και το πόσο εξαρτάται ο όγκος τους από την ένταση του παιχνιδιού. Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκε το Ethereal, ένα πρόγραμμα υπεύθυνο για την καταγραφή των δεδομένων που κινούνται μέσα σε ένα δίκτυο καθώς και το Free Keylogger το οποίο καταγράφει τα πατήματα των πλήκτρων του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στόχος του συγκεκριμένου πειράματος ήταν να εντοπιστεί εάν ή αλλαγή στην ένταση του παιχνιδιού επηρεάζει τον όγκο των δεδομένων που μεταδίδονται από το διακομιστή στον πελάτη και αντίστροφα.

Το δεύτερο πείραμα αφορούσε την εμπειρία του χρήστη και το πώς επηρεάζεται από τις συνθήκες του παιχνιδιού. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι που δημιουργήθηκε καθώς και το παιχνίδι νέφους το οποίο ΄΄έτρεξε΄΄ με δύο διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης. Πέντε χρήστες κλήθηκαν να παίξουν το παιχνίδι στις τρεις διαφορετικές εκδόσεις ενώ μετά την ολοκλήρωση του πειράματος καταγράφηκαν οι πόντοι που συγκέντρωσε ο κάθε παίκτης σε κάθε προσπάθεια καθώς και η εντυπώσεις που άφησε η κάθε έκδοση στον καθένα. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων οργανώθηκαν σε πίνακες και διαγράμματα και παρουσιάζονται στην συνέχεια.

6.1 Πείραμα 1 / Καταγραφή μεταδιδόμενων πακέτων

Το πρώτο πείραμα είχε στόχο να δώσει απαντήσεις σχετικά με το πως λειτουργεί ένα σύστημα παιχνιδιών νέφους, τι συμβαίνει με την κίνηση των δεδομένων στο δίκτυο κατά την διάρκεια του παιχνιδιού καθώς και αν η ένταση του παιχνιδιού επηρεάζει τον όγκο των μεταδιδόμενων πακέτων. Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφηκε ο αριθμός των πακέτων που μεταδόθηκαν μεταξύ διακομιστή (server) και πελάτη (client) κατά την διάρκεια πέντε διαφορετικών συνεδριών διαφορετικής έντασης . Οι καταγραφές πραγματοποιήθηκαν στο παιχνίδι AngryBots το οποίο προσφέρεται δωρεάν στην σελίδα Uniquitous και ο αριθμός των πακέτων που έχουν καταγραφεί περιλαμβάνει σε όλες τις περιπτώσεις τα πακέτα που μεταδόθηκαν στα πρώτα είκοσι δευτερόλεπτα κάθε συνεδρίας.



Εικόνα 38: Στιγμιότυπο από το παιχνίδι AngryBots

Για την καταγραφή των πακέτων χρησιμοποιήθηκε το Ethereal, ένα εύχρηστο πρόγραμμα καταγραφής δεδομένων με το οποίο μπορεί κάποιος να αντλήσει πολλές πληροφορίες σχετικά με την κίνηση των δεδομένων σε ένα δίκτυο ενώ απαραίτητη ήταν και η χρήση του προγράμματος Free Keylogger για την καταγραφή των κινήσεων που πραγματοποίησε ο παίκτης κάθε φορά.

Κινήσεις Παίκτη	**0**	**5**	**10**	**20**	**50**
Server→ Client	**7.461**	**7.482**	**7.814**	**7.836**	**7.421**
Client→ Server	**71**	**69**	**69**	**66**	**72**

Πίκανας 2: Πίνακας μεταδιδόμενων πακέτων στο παιχνίδι AngryBots

Η κάθε στήλη του πίνακα αναγράφει τον αριθμό των κινήσεων που έκανε κάθε φορά ο παίκτης στα είκοσι πρώτα δευτερόλεπτα του παιχνιδιού και ακριβώς από κάτω αναγράφεται ο αριθμός τον πακέτων που μεταδόθηκαν από τον διακομιστή στον πελάτη και αντίστροφα.

Στην πρώτη περίπτωση όπου ο παίκτης παρέμεινε ακίνητος (0 κινήσεις) ο διακομιστής έστειλε στον πελάτη 7.461 πακέτα εκ των οποίων 7.102 IP με σταθερό μέγεθος 1.514 bytes και 359 UDP των οποίων το μέγεθος κυμαίνεται από 60 έως 1500 bytes. Αντίστοιχα, στην ίδια συνεδρία ο πελάτης έστειλε στον διακομιστή 71 πακέτα τύπου UDP με μέγεθος από 60 έως 850 bytes.

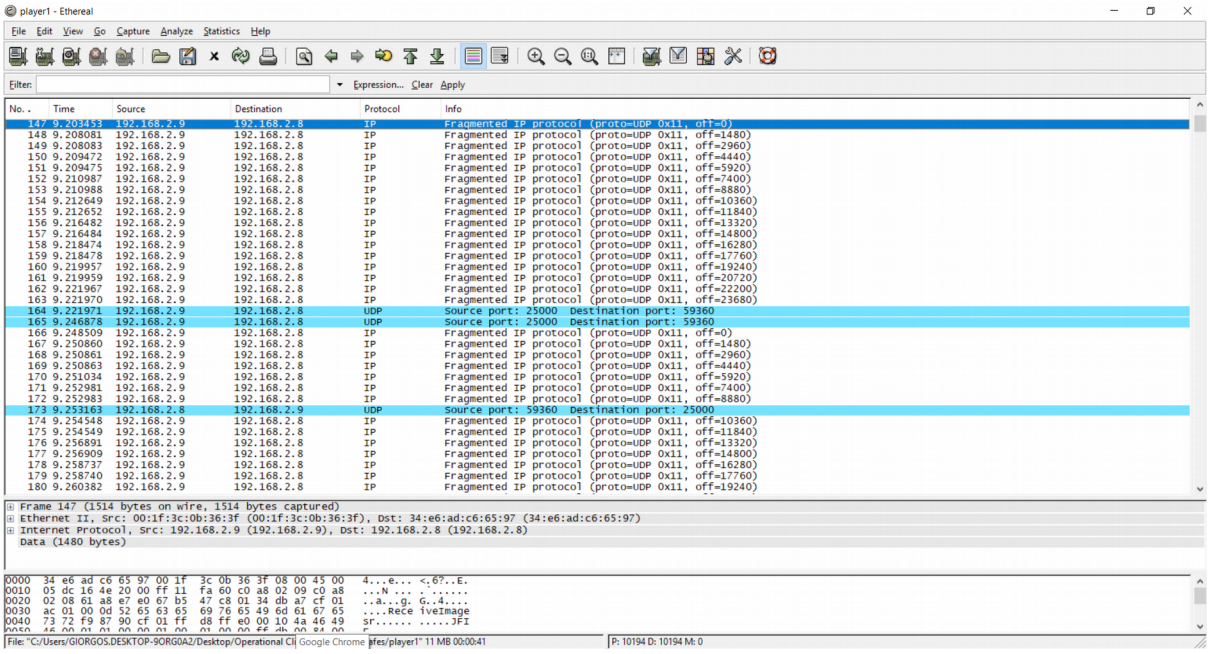
Στην δεύτερη περίπτωση όπου ο παίκτης ήταν αρκετά αργός (5 κινήσεις) ο διακομιστής έστειλε στον πελάτη 7.482 πακέτα εκ των οποίων 7.125 IP και 357 UDP ενώ ο πελάτης έστειλε στο διακομιστή 69 πακέτα UDP.

Η τρίτη περίπτωση αφορά τον μέσο παίκτη (10 κινήσεις) κατα την οποία ο διακομιστής έστειλε στον πελάτη 7.814 πακέτα εκ των οποίων 7.457 IP και 357 UDP και αντίστοιχα ο πελάτης έστειλε στο διακομιστή 69 πακέτα UDP.

Στην τέταρτη περίπτωση όπου ο παίκτης ήταν αρκετά γρήγορος (20 κινήσεις) ο διακομιστής έστειλε στον πελάτη 7.836 πακέτα εκ των οποίων 7.478 IP και 358 UDP ενώ ο πελάτης έστειλε στο διακομιστή 66 UDP πακέτα.

Τέλος, η τελευταία περίπτωση αφορά έναν πολύ γρήγορο παίκτη (50 κινήσεις) κατά την οποία ο διακομιστής έστειλε στον πελάτη 7.421 πακέτα εκ των οποίων 7.063 IP και 358 UDP ενώ ο πελάτης αντίστοιχα έστειλε στον διακομιστή 72 UDP πακέτα.

Παρατηρώντας τα δεδομένα του πίνακα συμπεραίνουμε ότι στο συγκεκριμένο σύστημα ο αριθμός τον πακέτων που μεταδίδει ο διακομιστής είναι σε κάθε περίπτωση πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με των αριθμό των πακέτων που αποστέλλονται από τον πελάτη, ωστόσο η ένταση του παιχνιδιού,τουλάχιστον στην πλατφόρμα Uniquitous, δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τον αριθμό των μεταδιδόμενων πακέτων.



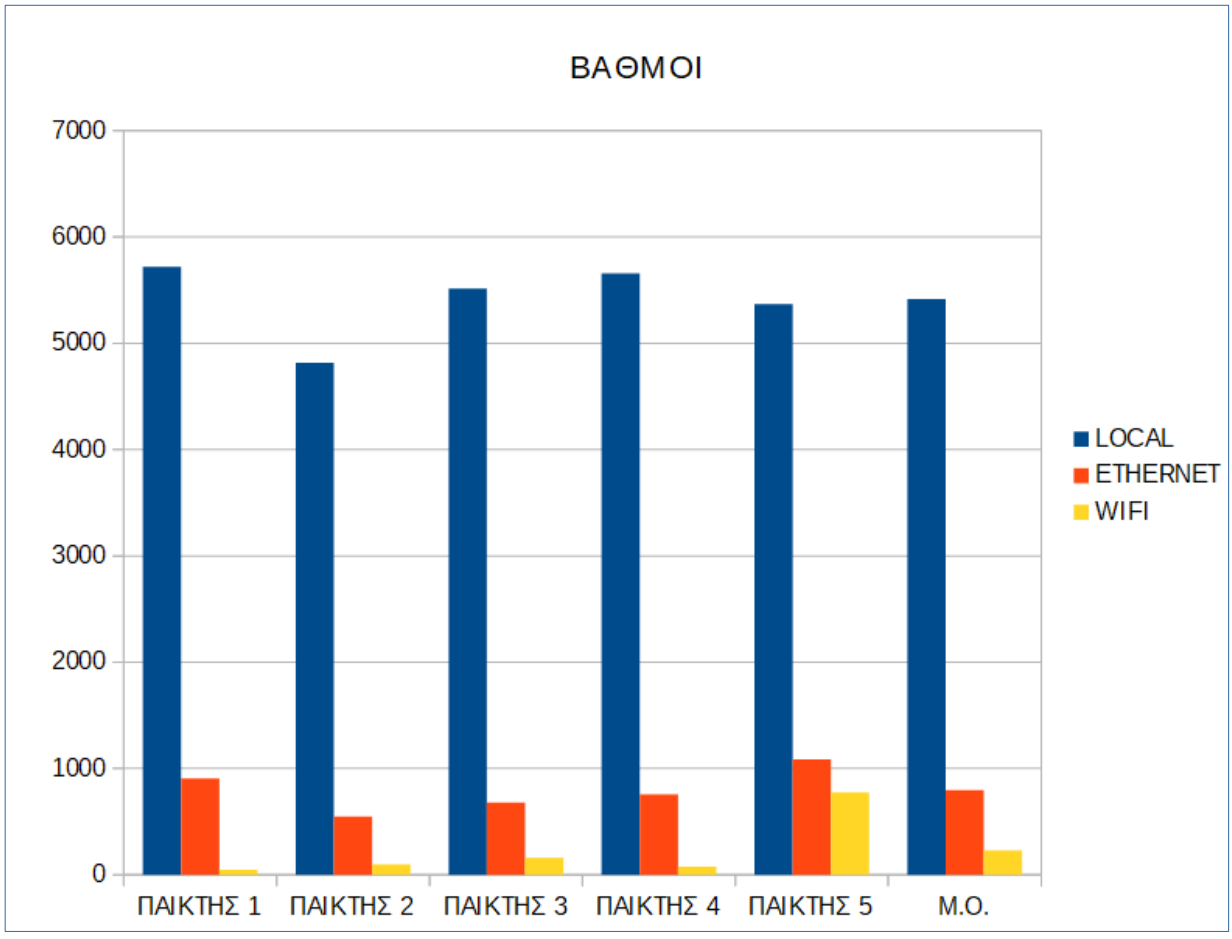
Εικόνα 39: Το γραφικό περιβάλλον του Ethereal

6.2 Πείραμα 2 / Cloud vs Τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι

Το συγκεκριμένο πείραμα είχε ως στόχο τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των παιχνιδιών νέφους και των τοπικώς εκτελέσιμων παιχνιδιών. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα δύο όμοια παιχνίδια (cloud και τοπικώς εκτελέσιμο) που σχεδιάστηκαν στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας καθώς και πέντε άτομα από τα οποία ζητήθηκε να παίξουν και να καταγράψουν την εμπειρίας τους.

Οι παίκτες είχαν στην διάθεση τους τρεις διαφορετικές εκδόσεις του παιχνιδιού. Η πρώτη αφορούσε το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι το οποίο ήταν εγκατεστημένο στο σύστημα του χρήστη, στην δεύτερη χρησιμοποιήθηκε το cloud παιχνίδι το οποίο ‘’έτρεχε’’ μέσω Ethernet ενώ η τρίτη έκδοση αφορούσε και πάλι το Cloud παιχνίδι το οποίο αυτή τη φορά εκτελούταν με την χρήση WiFi.

Οι ηλικίες των ατόμων που έλαβαν μέρος κυμαίνονταν από 24 έως 26 ετών ενώ καθένας δοκίμασε τις τρεις εκδόσεις του παιχνιδιού σε τυχαία σειρά. Οι επιδώσεις τους καταγράφηκαν και απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Εικόνα 40: Διάγραμμα βαθμολογίας παικτών

Αναλυτικότερα, ο πρώτος παίκτης συγκέντρωσε 5718 πόντους στο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι, 905 στο Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet ενώ στο Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi συγκέντρωσε 47 πόντους.

Ο δεύτερος παίκτης στο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι συγκέντρωσε 4815 πόντους, 505 στο Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet και 99 πόντους στο Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi.

Ο τρίτος παίκτης συγκέντρωσε 5514 πόντους στο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι, 682 στο Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet ενώ στο Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi συγκέντρωσε 160 πόντους.

Ο τέταρτος παίκτης στο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι συγκέντρωσε 5656 πόντους, 756 στο Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet ενώ στο Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi συγκέντρωσε 75 πόντους.

Τέλος, ο πέμπτος παίκτης συγκέντρωσε 5369 πόντους στο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι, 1086 στο Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet και 775 πόντους στο Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi.

Υπολογίζοντας τον μέσο όρο των βαθμολογιών για κάθε έκδοση του παιχνιδιού κάθε συμπεραίνουμε ότι οι περισσότεροι πόντοι σε κάθε περίπτωση συγκεντρώθηκαν στο τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι με τον μέσο όρο να κυμαίνεται στους 5414 πόντους. Ακολουθεί το Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet με μέσο όρο 795 πόντους ενώ τέλος οι μικρότερες βαθμολογίες συγκεντρώθηκαν στο Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi με μέσο όρο τους 231 πόντους.

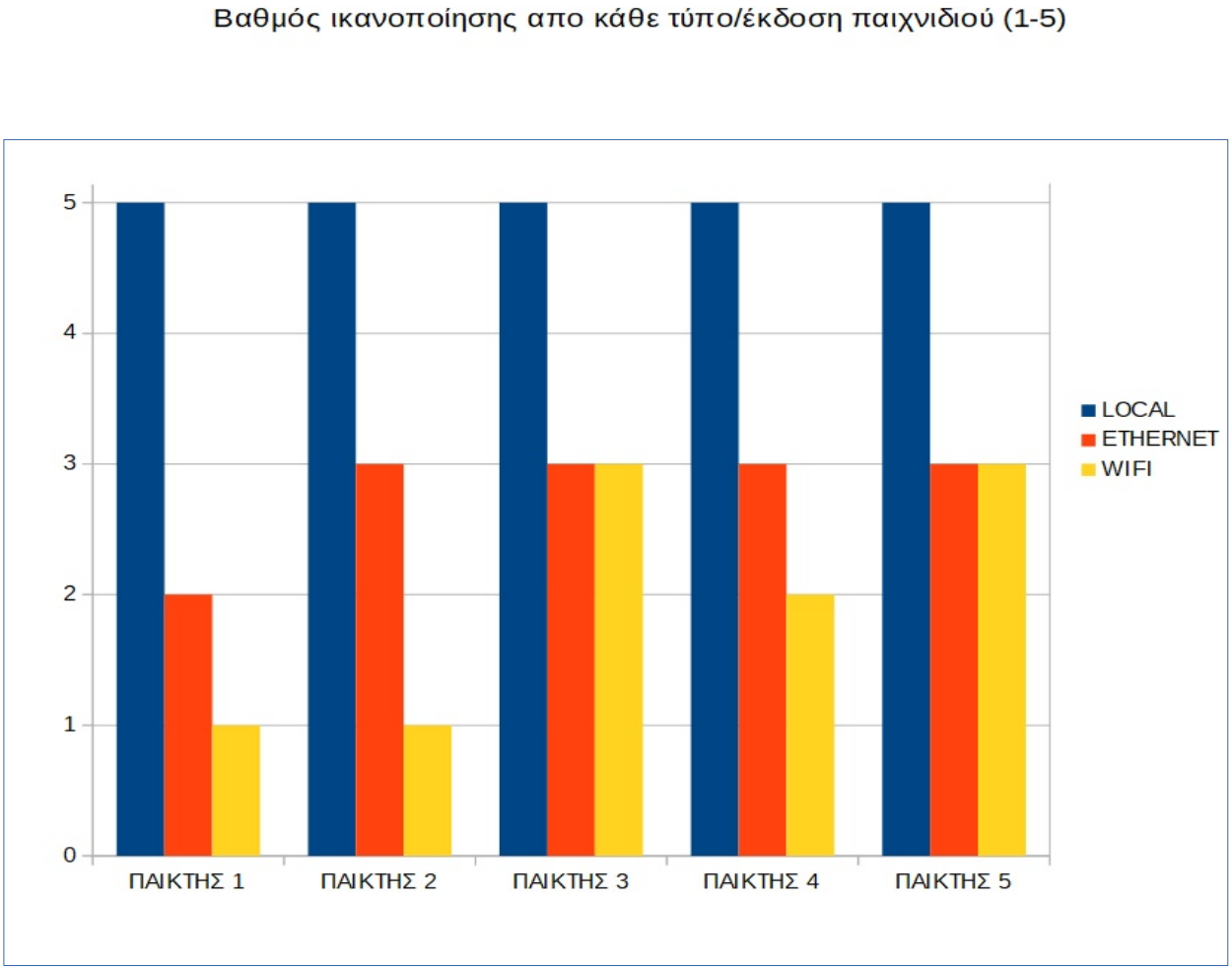
PING (M.O.)	
ETHERNET	**WIFI**
2 ms	**20 ms**
<1 ms	**1100 ms**
<1 ms	**5 ms**
~1 ms	**5 ms**
<1 ms	**7 ms**

Πίνακας 3: Πίνακας καταγραφής ping

Στον παραπάνω πίνακα αναγράφονται οι τιμές Ping οι οποίες καταγράφηκαν πριν ο κάθε παίκτης ξεκινήσει το παιχνίδι. Η τιμή του Ping στα παιχνίδια νέφους παίζει καταλυτικό ρόλο στον βαθμό ικανοποίησης του παίκτη καθώς οι υψηλές τιμές κάνουν το παιχνίδι ιδιαίτερα αργό και επομένως δύσκολο στον χειρισμό του. Διακρίνουμε ότι με την χρήση Ethernet το Ping παρέμενε πάντα χαμηλό ενώ όταν γινόταν η μετάβαση στο WiFi οι τιμές του Ping ήταν πάντα αρκετά έως πολύ υψηλότερες.

6.2.1 Αξιολόγηση παικτών

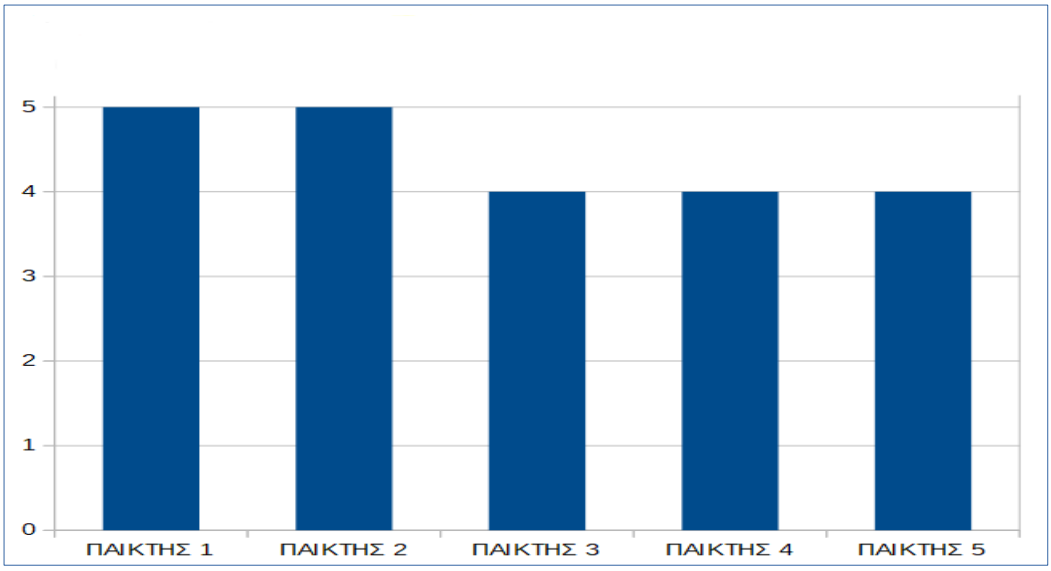
Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος έγιναν στους παίκτες μία σειρά από ερωτήσεις τις οποίες κλήθηκαν να απαντήσουν. Οι απαντήσεις τους αποτυπώνονται στα διαγράμματα που ακολουθούν.



Εικόνα 41: Διάγραμμα βαθμού ικανοποίησης παικτών

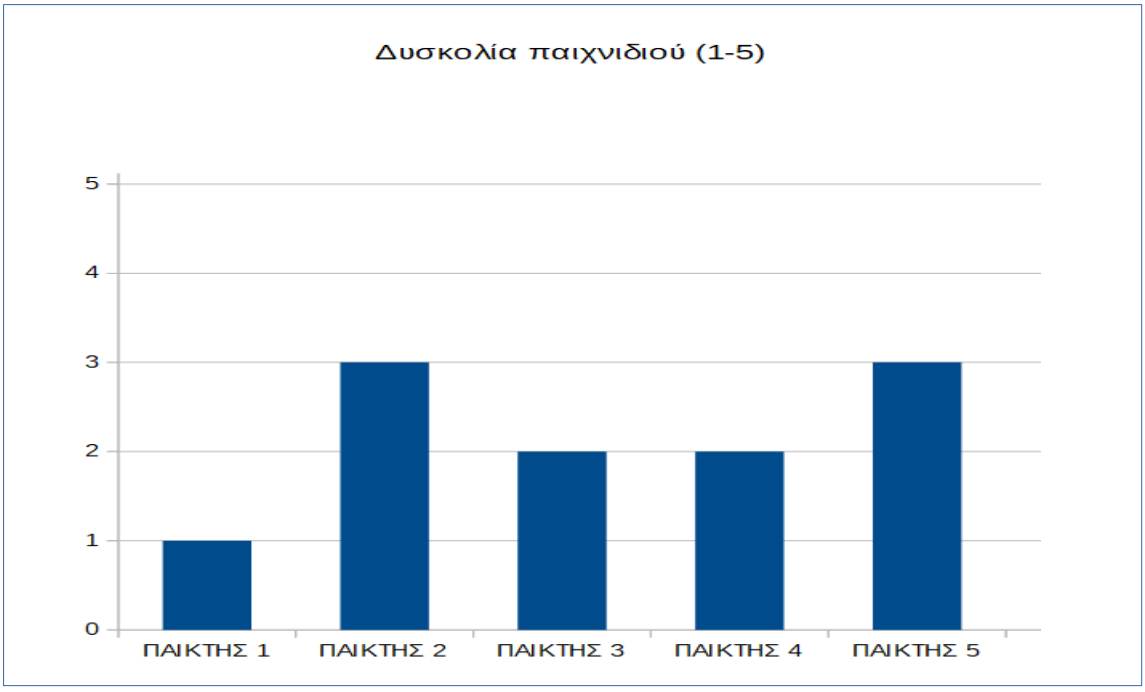
Στην ερώτηση ΄΄Βαθμός ικανοποίησης από κάθε τύπο/έκδοση παιχνιδιού΄΄ η οποία είχε κλίμακα από το 1 έως 5 και οι πέντε παίκτες βαθμολόγησαν το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι με 5. Το Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet βαθμολογήθηκε με 3 από τους τέσσερις παίκτες και με 2 από έναν ενώ τέλος το Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi βαθμολογήθηκε από δύο παίκτες με 3, από έναν με 2 και από τους άλλους δύο πήρε 1 βαθμό.

Όσο αφορά την εξοικείωση με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια όλοι οι παίκτες που συμμετείχαν στο πείραμα δήλωσαν πως είναι αρκετά εξοικειωμένοι καθώς δύο παίκτες έδωσαν 5 βαθμούς ως απάντηση ενώ οι υπόλοιποι τρεις απάντησαν με 4.



Εικόνα 42: Διάγραμμα εξοικείωσης παικτών με τα ηλεκτρονικά παιχνίδια

Στην συνέχεια οι παίκτες κλίθηκαν να βαθμολογήσουν το παιχνίδι, με κλίμακα 1 έως 5, ως προς την δυσκολία του γενικότερα δίχως να λάβουν υπόψιν τους τις διαφορετικές του εκδόσεις. Οι απαντήσεις έδειξαν πως σε γενικές γραμμές θεώρησαν το παιχνίδι μέτριο προς εύκολα καθώς βαθμολογήθηκε από δύο παίκτες με 3, από άλλους δύο με 2 ενώ από έναν παίκτη βαθμολογήθηκε με 1. Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η αξιολόγηση του παιχνιδιού από τους παίκτες ως προς την δυσκολία του.



Εικόνα 43: Διάγραμμα βαθμού δυσκολίας παιχνιδιού

Στην εικόνα που ακολουθεί αναγράφονται οι απαντήσεις των παικτών ξεχωριστά για κάθε έκδοση / τύπο παιχνιδιού σχετικά με το αν απόλαυσαν ή όχι το παιχνίδι. Και πάλι επικρατεί το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι καθώς και οι πέντε παίκτες το ψηφίσαν θετικά ενώ και οι δύο εκδόσεις του Cloud παιχνιδιού πήραν δύο ψήφους.

Απόλαυσα το παιχνίδι (X)			
	LOCAL	**ETHERNET**	**WIFI**
ΠΑΙΚΤΗΣ 1	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 2	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 3	**X**	**X**	**X**
ΠΑΙΚΤΗΣ 4	**X**		**X**
ΠΑΙΚΤΗΣ 5	**X**	**X**	

Πίνακας 4: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού (1)

Στην ερώτηση αν εκνευρίστηκαν οι παίκτες κατά την διάρκεια του παιχνιδιού το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι δεν έλαβε κανέναν ψήφο, με έναν ψήφο να δίνετε στο παιχνίδι νέφους με την χρήση Ethernet ενώ το παιχνίδι νέφους με την χρήση WiFi έλαβε δύο ψήφους.

Εκνευρίστηκα παίζοντας το παιχνίδι (X)			
	LOCAL	**ETHERNET**	**WIFI**
ΠΑΙΚΤΗΣ 1		**X**	**X**
ΠΑΙΚΤΗΣ 2			**X**
ΠΑΙΚΤΗΣ 3			
ΠΑΙΚΤΗΣ 4			
ΠΑΙΚΤΗΣ 5			

Πίνακας 5: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού (2)

Σχετικά με το αν είχαν τον έλεγχο του παιχνιδιού και οι πέντε παίκτες ψηφίσαν θετικά το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι, ακολούθησε το Cloud παιχνίδι με την χρήση Ethernet με τέσσερις ψήφους, ενώ το Cloud παιχνίδι με την χρήση WiFi λόγω της μεγάλης καθυστέρησης απόκρισης που παρουσίαζε δεν έλαβε κανέναν ψήφο.

Είχα τον έλεγχο του παιχνιδιού (X)			
	LOCAL	**ETHERNET**	**WIFI**
ΠΑΙΚΤΗΣ 1	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 2	**X**	**X**	
ΠΑΙΚΤΗΣ 3	**X**	**X**	
ΠΑΙΚΤΗΣ 4	**X**	**X**	
ΠΑΙΚΤΗΣ 5	**X**	**X**	

Πίνακας 6: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού (3)

Τέλος, οι παίκτες ερωτήθηκαν εάν ο χαρακτήρας που χειριζόντουσαν αντιδρούσε σε κάθε περίπτωση όπως περίμεναν. Στην συγκεκριμένη ερώτηση το τοπικώς εκτελέσιμο παιχνίδι έλαβε την ψήφο όλων των παικτών και οι δύο εκδόσεις του Cloud παιχνιδιού (Ethernet / WiFi) συγκέντρωσαν από έναν ψήφο.

Ο χαρακτήρας αντιδρούσε όπως περίμενα (X)			
	LOCAL	**ETHERNET**	**WIFI**
ΠΑΙΚΤΗΣ 1	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 2	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 3	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 4	**X**		
ΠΑΙΚΤΗΣ 5	**X**	**X**	**X**

Πίνακας 7: Αξιολόγηση εκδόσεων / τύπων παιχνιδιού (4)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα πτυχιακή εργασία απέρρευσε ένα σύνολο συμπερασμάτων τα οποία βοήθησαν σημαντικά στην σαφέστερη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των παιχνιδιών νέφους, στον εντοπισμό των σημείων που διαφέρουν από τα τοπικώς εκτελέσιμα παιχνίδια, καθώς και ποια είναι τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματα που τα συνοδεύουν.

Όσο αφορά την ανταλλαγή των πακέτων το συμπέρασμα που προέκυψε από το πρώτο πείραμα που πραγματοποιήθηκε είναι ότι στο συγκεκριμένο σύστημα που εξετάστηκε ο αριθμός τον πακέτων που μεταδίδει ο διακομιστής είναι σε κάθε περίπτωση πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με των αριθμό των πακέτων που αποστέλλονται από τον πελάτη. Αυτό οφείλεται στο ότι ο πελάτης έχει την ευθύνη να αποστέλλει στον διακομιστή μόνο τις εντολές σχετικά με τις κινήσεις που επιθυμεί ο χρήστης να πραγματοποιήσει ο χαρακτήρας ενώ από την άλλη ο διακομιστής είναι υποχρεωμένος να στέλνει πολύ μεγαλύτερο όγκο δεδομένων προς τον πελάτη (στιγμιότυπα οθόνης, ήχο, κ.α.). Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι η ένταση του παιχνιδιού δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τον αριθμό των μεταδιδόμενων πακέτων καθώς ο αριθμός των πακέτων που μεταδίδονται κατά την διάρκεια της σύνδεσης παραμένει σχεδόν ο ίδιος ανεξάρτητα με τη ταχύτητα που δίνει εντολές ο χρήστης στον χαρακτήρα.

Επίσης, από την διεξαγωγή του δεύτερου πειράματος παρατηρήθηκε ότι αν και τα παιχνίδια νέφους συνοδεύονται από ένα πλήθος πλεονεκτημάτων που εξοικονομούν από τους χρήστες τους χρόνο και χρήματα η εντύπωση που θα αφήσουν στο παίκτη εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο. Μια γρήγορη και αξιόπιστη σύνδεση μπορεί να υπερκαλύψει τα μειονεκτήματα και να αφήσει μια ευχάριστη εμπειρία στον χρήστη. Αντίθετα, μια αναξιόπιστη σύνδεση στο διαδίκτυο με υψηλό χρόνο απόκρισης μπορεί να κάνει τον παίκτη να βαρεθεί, να μην μπορεί να ελέγξει σωστά τον χαρακτήρα, να αισθανθεί αδικημένος και τελικά το παιχνίδι αν και σωστά σχεδιασμένο να αφήσει κακές εντυπώσεις.

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Στα πλαίσια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας ξεκίνησε η δημιουργία ενός ακόμα παιχνιδιού το οποίο αναμένεται να ολοκληρωθεί στο μέλλον. Στην συγκεκριμένη σκηνή προστέθηκε ένας πολεμιστής ως βασικός πρωταγωνιστής ο οποίος θα έχει την δυνατότητα να εκτοξεύει σφαίρες. Σκοπός του παίκτη που θα χειρίζεται τον χαρακτήρα θα είναι να πετύχει τον κινούμενο στόχο που βρίσκεται στην σκηνή όσο το δυνατόν περισσότερες φορές.

Το συγκεκριμένο παιχνίδι θα αναπτυχθεί επίσης σε Cloud αλλά και σε τοπικώς εκτελέσιμη έκδοση έτσι ώστε να γίνουν εκ νέου πειράματα και να καταγραφούν οι διαφορές που πιθανόν να υπάρξουν και τι αντίκτυπο θα έχουν αυτές στους χρήστες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Shea R., Liu J., Ngai E. C. H. & Cui Y. (2013). Cloud Gaming: Architecture and Performance. *IEEE network*, *27*(4), (pp. 16-21).

[2] Huang C. Y., Hsu C. H., Chang Y. C. & Chen K. T. (2013, February). GamingAnywhere: an open cloud gaming system. In *Proceedings of the 4th ACM multimedia systems conference* (pp. 36-47).

[3] Choy S., Wong B., Simon G., & Rosenberg C. (2012, November). The brewing storm in cloud gaming: A measurement study on cloud to end-user latency. In *2012 11th Annual Workshop on Network and Systems Support for Games (NetGames)* (pp. 1-6). IEEE.

[4] Lee Y. T., Chen K. T., Su H. I., & Lei C. L. (2012, November). Are all games equally cloud-gaming-friendly? An electromyographic approach. In *2012 11th Annual Workshop on Network and Systems Support for Games (NetGames)* (pp. 1-6). IEEE.

[5] Chen K. T., Chang Y. C., Hsu H. J., Chen D. Y., Huang C. Y., & Hsu C. H. (2013). On the quality of service of cloud gaming systems. *IEEE Transactions on Multimedia*, *16*(2), 480-495.

[6] Cai W., Shea R., Huang C. Y., Chen K. T., Liu J., Leung V. C., & Hsu C. H. (2016). A survey on cloud gaming: Future of computer games. *IEEE Access*, *4*, 7605-7620.

[7] Zhang X., Chen H., Zhao Y., Ma Z., Xu Y., Huang H., ... & Wu D. O. (2019). Improving cloud gaming experience through mobile edge computing. *IEEE Wireless Communications*, *26*(4), 178-183.

[8] Balusamy B., Krishna P. V., Aishwarya T., Thusitha M., GS T. A., & Karuppiah M. (2017). Enhancing quality of service in cloud gaming system: An active implementation framework for enhancing quality of service in multi-player cloud gaming. In *Emerging Technologies and Applications for Cloud-Based Gaming* (pp. 228-260). IGI Global

[9] Yates R. D., Tavan M., Hu Y., & Raychaudhuri D. (2017, May). Timely cloud gaming. In *IEEE INFOCOM 2017-IEEE Conference on Computer Communications* (pp. 1-9). IEEE.

[10] Zimring D., Enders T., Rodgers M., Somadder G., & Pi J. (2019). *U.S. Patent Application No. 16/373,558*.

[11] Ahiska Y., & Ahiska B. (2017). *U.S. Patent No. 9,675,890*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[12] Tsipis A., Komianos V., & Oikonomou K. (2019, September). A Cloud Gaming Architecture Leveraging Fog for Dynamic Load Balancing in Cluster-Based MMOs. In *2019 4th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)* (pp. 1-6). IEEE.

[13] Colenbrander R. R. (2019). *U.S. Patent No. 10,512,841*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[14] Jarschel M., Schlosser D., Scheuring S., & Hoßfeld T. (2011, June). An evaluation of QoE in cloud gaming based on subjective tests. In *2011 Fifth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing* (pp. 330-335). IEEE.

[15] Hong H. J., Chen D. Y., Huang C. Y., Chen K. T., & Hsu C. H. (2014). Placing virtual machines to optimize cloud gaming experience. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, *3*(1), 42-53.

[16] Franco A., Fitzgerald E., Landfeldt B., & Kömer U. (2019, October). Reliability, timeliness and load reduction at the edge for cloud gaming. In *2019 IEEE 38th International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC)* (pp. 1-8). IEEE.

[17] Ahiska Y., & Ahiska B. (2016). *U.S. Patent No. 9,517,410*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[18] Chen K. T., Chang Y. C., Tseng P. H., Huang C. Y., & Lei C. L. (2011, November). Measuring the latency of cloud gaming systems. In *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia* (pp. 1269-1272).

[19] Deng Y., Li Y., Seet R., Tang X., & Cai W. (2017). The server allocation problem for session-based multiplayer cloud gaming. *IEEE Transactions on Multimedia*, *20*(5), 1233-1245.

[20] Tobias H., Raimund S., Martin V., & Christian T. (2012, April). Challenges of QoE Management for Cloud Applications (pp.28-36).

[21] gr.pcmag.com (2019). Η αγορά του cloud gaming αναμένεται να "εκτιναχτεί" μέσα στα επόμενα χρόνια.

[22] sundaysundae.co (May, 2019). Best Games Made With Unity.

[23] uniquitous.wpi.edu/HomePage.html

[24] gameworld.gr (2019, June). Microsoft ¨Το cloud gaming μας δεν θα αντικαταστήσει τις κονσόλες¨.

[25] Ανδρεαδάκης Κ., Εξιλζές Ι. (2015). Ανάπτυξη Παιχνιδιού με το Unity3D σε C#.

[26] pcgamer.com (2019, Octuber). ¨The first successful cloud gaming platform could make billions¨.

[27] sofokleousin.gr (2019, June). ¨Η νέα πλατφόρμα cloud gaming της Google¨

[28] sofokleousin.gr (2019, March). ¨Νέα πλατφόρμα online gaming υψηλής ανάλυσης από τη Google¨

[29] sofokleousin.gr (2019, March). ¨Σε TV streaming, gaming & διαδικτυακές αγορές επεκτείνεται η Apple¨

[30] el.wikipedia.org. ,¨Ιστορία των βιντεοπαιχνιδιών¨

[31] el.wikipedia.org. ,¨Βιντεοπαιχνίδι¨