



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Αυτόματη Συγγραφή Κώδικα με Αναδραστικά Νευρωνικά Δίκτυα (Source Code Generation)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΒΑΣΙΛΗ ΜΠΟΥΝΤΡΗ

Επιβλέποντες: Ανδρέας Συμεωνίδης, Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ.
Κυριάκος Χατζηδημητρίου, Μεταδιδάκτορας Α.Π.Θ.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΥΦΥΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ (ISSEL)

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2017

Ευχαριστίες

Θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ανδρέα Συμεωνίδη για την εμπιστοσύνη και την καθοδήγηση και τον κ. Κυριάκο Χατζηδημητρίου για την καθοδήγηση και τη συνεργασία στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την αδιάληπτη στήριξη όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η περίληψη θα συμπληρωθεί αργότερα. Αυτή είναι μια περίληψη άλλης εργασίας:

Ένα σύστημα ομότιμων κόμβων αποτελείται από ένα σύνολο αυτόνομων υπολογιστικών κόμβων στο Διαδίκτυο, οι οποίοι συνεργάζονται με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων. Στα συστήματα ομότιμων κόμβων που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα, η αναζήτηση πληροφορίας γίνεται με χρήση λέξεων κλειδιών. Η ανάγκη για πιο εκφραστικές λειτουργίες, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού, οδήγησε στα συστήματα ομότιμων κόμβων βασισμένα σε σχήματα. Στα συστήματα αυτά κάθε κόμβος χρησιμοποιεί ένα σχήμα με βάση το οποίο οργανώνει τα τοπικά διαθέσιμα δεδομένα. Για να είναι δυνατή η αναζήτηση δεδομένων στα συστήματα αυτά υπάρχουν δύο τρόποι. Ο πρώτος είναι όλοι οι κόμβοι να χρησιμοποιούν το ίδιο σχήμα κάτι το οποίο δεν είναι ευέλικτο. Ο δεύτερος τρόπος δίνει την αυτονομία σε κάθε κόμβο να επιλέγει όποιο σχήμα θέλει και απαιτεί την ύπαρξη κανόνων αντιστοίχισης μεταξύ των σχημάτων για να μπορούν να αποτιμώνται οι ερωτήσεις. Αυτός ο τρόπος προσφέρει ευελιξία όμως δεν υποστηρίζει την αυτόματη δημιουργία και τη δυναμική ανανέωση των κανόνων, που είναι απαραίτητες για ένα σύστημα ομότιμων κόμβων.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος ομότιμων κόμβων βασισμένο σε σχήματα το οποίο (α) θα επιτρέπει μια σχετική ευελιξία στην χρήση των σχημάτων και (β) θα δίνει την δυνατότητα μετασχηματισμού ερωτήσεων χωρίς την ανάγκη διατύπωσης κανόνων αντιστοίχισης μεταξύ σχημάτων, χρησιμοποιώντας κόμβους με σχήματα RDF που αποτελούν υποσύνολα-όψεις ενός βασικού σχήματος (καθολικό σχήμα).

Λέξεις Κλειδιά

Σύστημα ομότιμων κόμβων, Σύστημα ομότιμων κόμβων βασισμένο σε σχήματα, Σημασιολογικός Ιστός, RDF/S, RQL, Jxta

Abstract

The Compact Linear Collider (CLIC) will use a novel acceleration scheme in which energy extracted from a very intense beam of relatively low-energy electrons (the Drive Beam) is used to accelerate a lower intensity Main Beam to very high energy. The high intensity of the Drive Beam, with pulses of more than 10^{15} electrons, poses a challenge for conventional profile measurements such as wire scanners. Thus, new non-invasive profile measurements are being investigated.

One candidate is the Electron Beam Scanner. A probe beam of low-energy electrons crosses the accelerator beam perpendicularly. The probe beam is deflected by the space-charge fields of the accelerator beam. By scanning the probe beam and measuring its deflection with respect to its initial position, the transverse profile of the accelerator beam can be reconstructed.

Analytical expressions for the deflection exist in the case of long bunches, where the charge distribution can be considered constant during the measurement. In this paper we consider the performance of an electron beam scanner in an accelerator where the bunch length is much smaller than the probe-beam scanning time. In particular, the case in which the bunch length is shorter than the time taken for a particle of the probe beam to cross the main beam is difficult to model analytically. We have developed a simulation framework allowing this situation to be modelled.

Keywords

Fill in

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	3
Abstract	5
Περιεχόμενα	8
Κατάλογος Σχημάτων	9
Κατάλογος Πινάκων	11
1 Εισαγωγή	13
1.1 Κίνητρο	14
1.2 Περιγραφή του προβλήματος	14
1.3 Στόχοι της διπλωματικής	14
1.4 Μεθοδολογία	15
1.5 Διάρθρωση	15
2 Θεωρητικό υπόβαθρο	17
2.1 Το CERN	17
2.2 Ο επιταχυντής CLIC	18
2.3 Το Electron beam scanner	19
3 Μέθοδοι προσομοίωσης	21
3.1 Προσομοίωση με το CST Particle Studio	21
3.2 Προσομοίωση με το CST Particle Studio και το MATLAB	21
4 Αποτελέσματα προσομοίωσης	23
5 Επίλογος	25
5.1 Συμπεράσματα	25
5.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	25

A' Μεταφράσεις Ξένων όρων	27
Βιβλιογραφία	26
B' Το μοντέλο στο CST Particle Studio	29
Γ' Ο κώδικας MATLAB	31

Κατάλογος Σχημάτων

2.1	Το λογότυπο του CERN	17
2.2	Το σύστημα δύο δεσμών του CLIC	19
2.3	Το σχεδιάγραμμα του CLIC	19

Κατάλογος Πινάκων

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η πράξη του προγραμματισμού, δηλαδή η ανάπτυξη μίας διαδικασίας με στόχο την επίτευξη ενός έργου, είναι μια εντυπωσιακή επίδειξη των δυνατοτήτων συλλογιστικής του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η αυτοματοποίηση της συγγραφής κώδικα και προγραμμάτων (Αυτόματος Προγραμματισμός) είναι ένας στόχος με μακρόχρονη ιστορία, τόσο για τους μηχανικούς λογισμικού, όσο και για τον κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης. Ο ακριβής ορισμός του "Αυτόματου Προγραμματισμού" παραμένει ένα θέμα στο οποίο υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ των ειδικών, γεγονός που ενισχύεται από την συνεχή αλλαγή του όρου χάρη στις εξελίξεις της τεχνολογίας. Ο David Parnas, αναζητώντας την ιστορία του όρου, καταλήγει: "Ο αυτόματος προγραμματισμός ήταν πάντα ένας ευφημισμός για προγραμματισμό σε μια υψηλότερου επιπέδου γλώσσα από αυτή που είναι διαθέσιμη στον προγραμματιστή.

Δεδομένης της εγγενούς δυσκολίας και πολυπλοκότητας του στόχου υπάρχει πληθώρα προκλήσεων αλλά και προσεγγίσεων στη λύση του. Δύο σημαντικές ομάδες προσεγγίσεων είναι:

1. Επαγωγικός Προγραμματισμός (Induction Programming)

Χρησιμοποιώντας τεχνικές τόσο από τον προγραμματισμό όσο και από την τεχνητή νοημοσύνη στοχεύει στη μάθηση προγραμμάτων, τυπικά δηλωτικών και συχνά αναδρομικών. Για την εκμάθηση χρησιμοποιούνται μη αυστηρές προδιαγραφές, όπως παραδείγματα εισόδου - εξόδου ή περιορισμοί.

2. Παραγωγή Κώδικα Βάσει Οντοτήτων (Ontology Based Code Generation)

Η συγγραφή του κώδικα γίνεται σύμφωνα με τις οντότητες και τις σχέσεις τους όπως αυτές αποτυπώνονται στο εκάστοτε πρόβλημα. Εδώ αναφερόμαστε στις απολύτως δομημένες προσεγγίσεις παραγωγής κώδικα όπως αυτές με γνώμονα δομικά διαγράμματα, μοντέλα ή πρότυπα, αλλά και την παραγωγή κώδικα που κάνουν οι μεταφραστές/μεταγλωττιστές γλωσσών προγραμματισμού.

Κίνητρο

Αφενός, η πρόοδος της τεχνητής νοημοσύνης, και ειδικότερα του κλάδου της υπολογιστικής εκμάθησης, είναι ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Οι σχετικές τεχνολογικές και θεωρητικές ανακαλύψεις ανοίγουν νέα μονοπάτια πειραματισμού, καινούρια εργαλεία αναπτύσσονται και δημιουργούνται κίνητρα επανεξέτασης κάποιων προβλημάτων. Αφετέρου, η εξέλιξη και η ευρεία χρήση του λογισμικού γεννά ανάγκες για αυτοματοποίηση στην παραγωγή του έτσι ώστε να μειωθεί ο χρόνος ανάπτυξης και ο αριθμός λαθών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω και ιδιαίτερα χάρη στις πρόσφατες επιτυχίες γύρω από τα Α-ναδραστικά Νευρωνικά Δίκτυα, δομές τις οποίες θα εξετάσουμε παρακάτω, είμαστε σε θέση να αντιμετωπίσουμε την παραγωγή κώδικα ως ένα πρόβλημα υπολογιστικής εκμάθησης ακολουθιών, προσέγγιση η οποία βρίσκεται ανάμεσα στον επαγωγικό προγραμματισμό και την παραγωγή κώδικα βάσει οντοτήτων.

Περιγραφή του προβλήματος

Το πρόβλημα μπορεί να αναλυθεί σε δύο διαφορετικά μέρη. Από τη μία πλευρά, καλούμαστε να αυτοματοποιήσουμε τη διαδικασία παραγωγής κώδικα. Δεδομένων των σύγχρονων μεθόδων και τεχνολογιών, αυτό είναι ζήτημα στο οποίο είναι από εξαιρετικά δύσκολο έως αδύνατο να δοθεί μια γενική λύση, τουλάχιστον για το εγγύς μέλλον. Αντί για μία γενική λύση, μπορούμε να επικεντρωθούμε στις διεργασίες οι οποίες είναι μεν απλές, αλλά επαναλαμβάνονται συχνά και είναι χρονοβόρες. Από την άλλη, καλούμαστε να εκμεταλλευτούμε την ραγδαία ανάπτυξη της χρήσης λογισμικού. Έχουμε στη διάθεση μας πληθώρα υλοποιημένων προγραμμάτων, σε πολλές διαφορετικές γλώσσες και μορφές, κάθε δυσκολίας και σκοπού. Εξίσου πολλά είναι και τα ζευγάρια προβλημάτων - προδιαγραφών. Ιδανικά, θα θέλαμε να αποφύγουμε να καταβάλουμε κόπο για να δημιουργήσουμε κάτι το οποίο ήδη υπάρχει.

Η αφθονία της διαθέσιμης πληροφορίας σε μορφή κώδικα – αλλά και αυτής που εμπεριέχεται σε ολόκληρο το οικοσύστημα του λογισμικού – δίνει τη δυνατότητα για σχεδιασμό λύσεων οι οποίες έχουν ως επίκεντρο αυτήν ακριβώς τη διαθέσιμη πληροφορία. Δεδομένου του εκπαιδευτικού χαρακτήρα της διπλωματικής εργασίας, θα εξετάσουμε το πρόβλημα αυτόματης παραγωγής κώδικα από μία πληροφοριακά οδηγούμενη σκοπιά, η οποία επιχειρεί να εκμεταλλευτεί τις εξελίξεις στην επιστήμη της πληροφορίας.

Στόχοι της διπλωματικής

Στόχος της διπλωματικής εργασίας αυτής είναι η δημιουργία ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου με αναδράσεις (artificial recurrent neural network το οποίο αφού εκπαιδευτεί στην συγγραφή κώδικα σε μία γλώσσα προγραμματισμού της επιλογής μας – διαβάζοντας εκατομμύρια γραμμές κώδικα – θα προσπαθήσει να παράξει κώδικα. Ο κώδικας αυτός γενικά μπορεί να φτάσει σε ένα από τα παρακάτω επίπεδα:

1. Να 'μοιάζει' με κώδικα

2. Να μην έχει συντακτικά λάθη
3. Να γίνεται compile
4. Να ‘κάνει κάτι χρήσιμο’

Σε επίπεδο διπλωματικής εργασίας επιζητούμε κώδικα στα επίπεδα τουλάχιστον 1 ή και 2.

Μεθοδολογία

Χρησιμοποιούμε μοντέλα βασισμένα σε αναδραστικά νευρωνικά δίκτυα και ένα σύνολο δεδομένων. Το τελευταίο αποτελείται από έναν μεγάλο αριθμό προγραμμάτων σε μια γλώσσα της επιλογής μας. Η μεθοδολογία μπορεί να χωριστεί, αφαιρετικά, σε 3 μέρη:

1. Προ-επεξεργασία

Δεδομένου ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών σε μορφή κώδικα, καλούμαστε να τις επεξεργαστούμε με στόχο την καλύτερη εκμετάλλευση τους από το μοντέλο μας και τελικώς την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων. Αφαιρούμε την πληροφορία που φαίνεται είτε να δυσκολεύει την εκμάθηση του μοντέλου, είτε είναι αδύνατο να ερμηνευτεί από αυτό. Σε μία από τις προτεινόμενες προσεγγίσεις προσθέτουμε πληροφορία για τον κώδικα με σκοπό την αποσαφήνιση των δεδομένων. Η πληροφορία του κώδικα εκφράζεται ως σειρά από στοιχειώδεις χαρακτήρες.

2. Εκπαίδευση

Τα προτεινόμενα μοντέλα, τα οποία είναι σύνθετες δομές αναδραστικών νευρωνικών δικτύων, εκπαιδεύονται βάσει της παραπάνω επεξεργασμένης πληροφορίας. Μετά από το ‘διάβασμα’ μιας σειράς χαρακτήρων καλούνται να προβλέψουν τον επόμενο χαρακτήρα. Οι επιδόσεις εκφράζονται μέσω μιας μετρικής λάθους, την οποία η εκπαιδευτική διαδικασία προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει χρησιμοποιώντας γενικευμένες μεθόδους βελτιστοποίησης.

3. Παραγωγή κώδικα

Τα εκπαιδευμένα, πλέον, μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή κώδικα. Αρχικοποιούνται με κώδικα της επιλογής μας, ο οποίος επεξεργάζεται όπως και τα δεδομένα στα οποία εκπαιδεύεται. Το μοντέλο παράγει ένα χαρακτήρα σε κάθε πρόβλεψη και χρησιμοποιεί την πρόβλεψη του ως αληθή για να παράξει τον επόμενο χαρακτήρα. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να συγγράφει απεριόριστη ποσότητα κώδικα.

Διάρθρωση

Η εργασία αυτή είναι οργανωμένη σε πέντε κεφάλαια: Στο Κεφάλαιο 2 δίνεται το θεωρητικό υπόβαθρο των βασικών τεχνολογιών που σχετίζονται με τη διπλωματική αυτή. Αρχικά περιγράφονται ..., στη συνέχεια το ... και τέλος Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζει Στο Κεφάλαιο

4 αρχικά παρουσιάζεται ανάλυση και η σχεδίαση του συστήματος Τέλος στο Κεφάλαιο 5 δίνονται τα συμπεράσματα, η συνεισφορά αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό υπόβαθρο

- περιγραφή πειράματος και
- Για να καταλάβει ο κόσμος τι σημαίνει
- Γιατί είναι χρήσιμο
- Φωτογραφίες
- Τι χρειάζεται να ξέρω
- Το πείραμα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά οι

Το CERN

Το CERN, διατηρώντας το ακρωνύμιο της αρχικής Γαλλικής ονομασίας του Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, είναι το μεγαλύτερο σε έκταση πειραματικό κέντρο πυρηνικών ερευνών και ειδικότερα επί της σωματιδιακής φυσικής στον κόσμο. Βρίσκεται δυτικά της Γενεύης, στα σύνορα Ελβετίας και Γαλλίας. Ιδρύθηκε το 1954 από 12 ευρωπαϊκές χώρες και σήμερα αριθμεί 20 κράτη-μέλη, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, η οποία είναι και ιδρυτικό μέλος.



Σχήμα 2.1: Το λογότυπο του CERN

Η βασική λειτουργία του CERN είναι η παροχή επιταχυντών σωματιδίων και άλλων υποδομών απαραίτητων για την έρευνα στον τομέα της φυσικής υψηλών ενεργειών και ως αποτέλεσμα έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμα πειράματα στο CERN μέσω διεθνών συνεργασιών.

Επίσης, το CERN αποτελεί τη γενέτειρα του Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web). Στην κύρια τοποθεσία του στο Meyrin βρίσκεται μεγάλη εγκατάσταση ηλεκτρονικών υπολογιστών με ισχυρές υποδομές επεξεργασίας δεδομένων, κυρίως για την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων. Λόγω της ανάγκης να καταστούν αυτές διαθέσιμες σε εξωτερικούς ερευνητές, υπήρξε ιστορικά ένας σημαντικός κόμβος δικτύου ευρείας περιοχής (Wide Area Network).

Αρκετά σημαντικά επιτεύγματα στο πεδίο της φυσικής των σωματιδίων έγιναν μέσω πειραμάτων στο CERN. Αυτά περιλαμβάνουν:

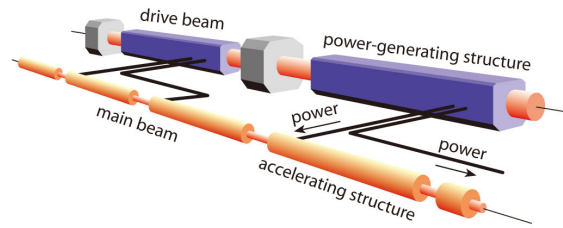
- 1973: Ανακάλυψη των ουδέτερων ρευμάτων στο θάλαμο φυσαλίδων Gargamelle.
- 1983: Ανακάλυψη των μποζονίων W και Z στα πειράματα UA1 και UA2.
- 1995: Πρώτη δημιουργία ατόμων αντιυδρογόνου στο πείραμα PS210.
- 1999: Ανακάλυψη της άμεσης παραβίασης CP στο πείραμα NA48.
- 2010: Απομόνωση 38 ατόμων αντιυδρογόνου.
- 2011: Διατήρηση αντιυδρογόνου για πάνω από 15 λεπτά.
- 2012: Ένα μποζόνιο με μάζα περίπου $125 \text{ GeV}/c_0^2$ συνάδει με τον πολυπόθητο μποζόνιο Higgs.

Ο επιταχυντής CLIC

Ο CLIC – Compact Linear Collider – αποτελεί μια μελέτη για ένα μελλοντικό επιταχυντή που θα φτάσει σε πρωτοφανή επίπεδα ενέργειας ηλεκτρόνια και αντισωματίά τους, ποζιτρόνια. Όταν θα έρχονται σε επαφή μέσω σύγκρουσης, θα καταστρέφουν το ένα το άλλο, απελευθερώνοντας όλη τους την ενέργεια για την παραγωγή νέων σωματιδίων.

Τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια είναι θεμελιώδη σωματίδια και οι συγκρούσεις τους μπορούν να προσφέρουν εξαιρετικά λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τους νόμους της φύσης. Έτσι ο CLIC θα προσφέρει σημαντικές θεμελιώδεις γνώσεις φυσικής, πέρα από αυτές που είναι διαθέσιμες από το Μεγάλο Επιταχυντή Αδρονίων (Large Hadron Collider – LHC) ή από ένα γραμμικό επιταχυντή ηλεκτρονίων/ποζιτρονίων χαμηλότερης ενέργειας, λόγω του μοναδικού συνδυασμού πειραματικής ακρίβειας και υψηλής ενέργειας.

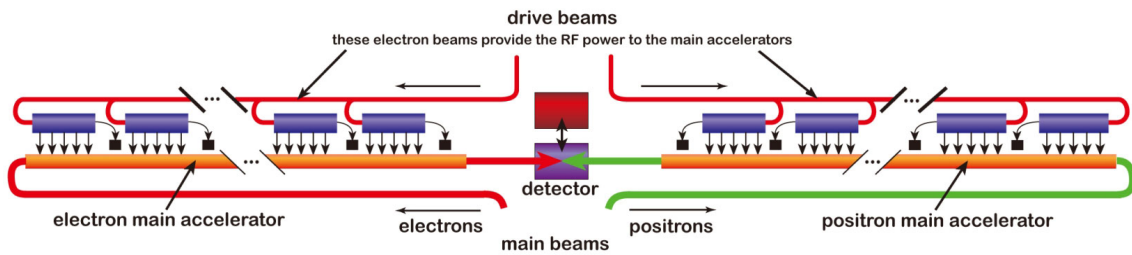
Σε αυτές τις υψηλές ενέργειες, τα ηλεκτρόνια και ποζιτρόνια θα έχαναν ένα τεράστιο μέρος της ενέργειάς τους επιταχυνόμενα σε έναν κυκλικό επιταχυντή σαν τον LHC. Έτσι, τα σωματίδια πρέπει να επιταχυνθούν σε δύο γραμμικούς επιταχυντές που αντικρίζουν ο ένας τον άλλο, έτσι ώστε οι δέσμες να συγκρούονται στον κεντρικό ανιχνευτή. Αυτό συνεπάγεται ότι τα σωματίδια πρέπει να αποκτήσουν την ενέργειά τους από ένα και μόνο πέρασμα τους μέσα από τις κοιλότητες επιτάχυνσης.



Σχήμα 2.2: Το σύστημα δύο δεσμών του CLIC

Ο CLIC έχει σχεδιαστεί για να κατασκευαστεί σε στάδια αυξανόμενης ενέργειας για σύγκρουση: ξεκινώντας από 360 GeV, περίπου 1.4 TeV, και μέχρι την τελική ενέργεια των 3 TeV. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η ενέργεια με ένα ρεαλιστικό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο, η αύξηση της επιτάχυνσης πρέπει να είναι πολύ υψηλή. Ο CLIC αποσκοπεί σε επιτάχυνση των 100 MV/m, 20 φορές υψηλότερη από αυτή του LHC.

Αυτή η δέσμη-οδηγός (drive beam) επιβραδύνεται σε ειδικές Διατάξεις Εξαγωγής και Μεταφοράς Ισχύος – Power Extraction and Transfer Structures (PETS), και η παραγόμενη RF ισχύς μεταφέρεται στην κύρια δέσμη. Αυτό οδηγεί σε μια πολύ απλή διάταξη σήραγγα χωρίς ενεργά RF μέρη (δηλ. klystrons).



Σχήμα 2.3: Το σχεδιάγραμμα του CLIC

Ο CLIC είναι μία από τις επιλογές για έναν μελλοντική επιταχυντή κατασκευασμένο στο CERN, το οποίο θα αποφασιστεί ανάλογα με τα μελλοντικά αποτελέσματα του LHC.

To Electron beam scanner

Κεφάλαιο 3

Μέθοδοι προσομοίωσης

Κεφάλαια 3 και 4

- Αποτέλεσμα και σχόλια
- Περιγραφή του CST Particle Studio
- Screenshots

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η υλοποίηση του συστήματος, με βάση τη μελέτη που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Αρχικά παρουσιάζεται η πλατφόρμα και τα προγραμματιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Στη συνέχεια δίνονται οι λεπτομέρειες υλοποίησης για τους βασικούς αλγόριθμους του συστήματος καθώς και η δομή του κώδικα.

Προσομοίωση με το CST Particle Studio

Το CST Particle Studio μπλα μπλα μπλα.

Προσομοίωση με το CST Particle Studio και το MATLAB

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό δεν περιγράφεται κάτι (ακόμα)

Some examples illustrating the dependence on bunch intensity, bunch length and transverse size, plus at least on example from the multi-bunch simulations.

Κεφάλαιο 5

Επίλογος

Συμπεράσματα

Συμπεράσματα κλπ

Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το σύστημα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί περαιτέρω, τουλάχιστον ως προς τρεις κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα ακόλουθα:

- Ένα
- Δύο
- Τρία

Παράρτημα Α΄

Μεταφράσεις Ξένων όρων

Μετάφραση

αδερφός
αμεταβλητότητα
ανάκτηση πληροφορίας
αντιμεταθετικότητα
απόγονος
απορρόφηση
βάση δεδομένων
γνώρισμα
διαπροσωπεία
διαφορά
δικτυακός κατάλογος
δικτυωτή δομή
δομικές επερωτήσεις
δομικές σχέσεις
δομικό σχήμα
εγκυρότητα
ένωση

Αγγλικός όρος

sibling
idempotency
information retrieval
commutativity
descendant
absorption
database
attribute
interface
difference
portal catalog
lattice
structural queries
structural relationships
schema
validity
union

Παράρτημα Β΄

Το μοντέλο στο CST Particle Studio

Παράρτημα Γ΄

Ο κώδικας MATLAB

