Eötvös Loránd Tudományegyetem

Informatikai Kar

Programozási Nyelvek és Fordítóprogramok Tanszék

Interpoláció osztott rendszereken

Tejfel Máté
egyetemi tanár

Cselyuszka Alexandra
Informatika Bsc

Budapest, 2015

Tartalomjegyzék

1. fejezet

Bevezetés

"A gyakorlatban sokszor felmerül olyan probléma, hogy egy nagyon költségesen kiszámítható függvénnyel kellene egy megadott intervallumon dolgoznunk. Ekkor például azt tehetjük, hogy néhány pontban kiszámítjuk a függvény értékét, majd keresünk olyan egyszerűbben számítható függvényt, amelyik illeszkedik az adott pontokra." [1]

A szakdolgozatom célja ezekre a problémákra megoldást adni elosztott környezetben.

1.1. Feladat elemzése

Adott ponthalmazokból kívánunk egy közelítő polinomot becsülni. Ezeket különböző interpolációs technikával meg tudjuk adni, ki tudjuk számolni. Több interpolációs technika létezik, melyekből könnyen meg tudunk adni akár több polinomot is egy adott ponthalmazhoz.
Ezekkel a számításokkal előfordulhat, hogy lassan futnak, főleg ha több interpolációt kívánunk egyszerre számolni. Ebben az esetben optimálisabb több gépen számolni a különböző ponthalmazokat.

Ebben a feladatban egy speciális megvalósítása lesz ennek a számításnak.
A megvalósítás grafikus része egy weboldal, melyen szerkeszthetjük a ponthalmazokat. A számítás részét egy szerver végzi amely figyeli a felcsatlakozó gépeket. Amikor kap egy számítandó adathalmazt, akkor több gép segítségével kiszámítja az eredményt. Ha minden részfeladat végzett, akkor visszaküldi a weboldalra, ahol az eredmények megtekinthetőek grafikus formában.

1.2. Feladat megvalósítása

A **grafikus felület** egy weboldal, mely JavaScript-ben és HTML-ben készült. A felületen egy listát tekinthetünk meg, ahova több ponthalmazt is felvehetünk.
Mentés hatására az értékek a háttérben eltárolódnak. A ponthalmazok közül választhatunk egyet, amely betöltődik a felületre.
A szerkesztő felület egy táblázatból és egy grafikonból áll, emellett még a különböző speciális számításra vonatkozó tulajdonságok (interpoláció típusa) valamint a grafikonon való megjelenítéshez tartozó tulajdonságok (polinom pontosság, megtekintendő intervallum) is szerkeszthetőek.
Ha befejeztük a halmazok szerkesztését elküldhetjük a számítani kívánt értékeket a szerver felé.

A **szerver** feladata hogy figyelje a felületről érkező adatokat. Ha az adathalmaz megérkezett, akkor a szerver kibontja az adatokat egy JSON-ból, és elindítja az elosztást.
Az elosztáshoz a szerveren el kell indítani egy figyelő folyamatot amelyre lehetősége van egy külső gépnek felcsatlakozni. Amikor a szerveren indul egy számolás a felcsatlakozott gépeket lekérdezi, majd a feladatokat szétosztja.
A szerver megvalósítása és a gépekre való szétosztás Erlang-ban lett megvalósítva. A JSON feldolgozásához mochi-json lett alkalmazva. A feldolgozás után az adathalmazon végig megyünk és azok alapján felparaméterezzük, és meghívjuk a számítást végző függvényt.
A számításhoz használt maximális gépek száma paraméterként megadható, de a tényleges számítást csak annyi gépen tudjuk maximálisan végezni ahány gép felcsatlakozott a számításhoz.

A **számítás** megvalósítása C++ nyelven történt. A paraméterek alapján a Lagrange -féle, Newton -féle, Hermite -féle interpolációs technikák közül eldönti melyik esetet használja.
A programban kellett implemetálni egy egyszerű polinom szorzás és összeadást, valamint az interpolációkhoz szükséges függvényeket. A Lagrange számítás a polinom műveletek és a képlet felhasználásával ciklusokkal valósul meg. Newton és Hermite esetén a kapott adatokból először a kezdő mátrixot kell legenerálni, majd kiszámítani.
Abban az esetben ha Newton vagy Lagrange polinomot számolunk nem vesszük figyelembe a derivált pontokat, viszont figyelembe vesszük ha inverz számítást kívánunk végezni.

2. fejezet

Felhasználói dokumentáció

2.1. Bevezetés

2.2. Telepítési útmutató

2.2.1. Rendszer követelmények

A szoftver Linux Mint 17.1 'Rebecca' Cinnamon 64-bit operációs rendszeren lett tesztelve.

Operációs rendszer	debian alapú rendszer (ubuntu, mint)
Apache	2.4.7 (Ubuntu)
Erlang	5.10.4 (SMP,ASYNC_THREADS) (BEAM) emulator
g++	4.8.2 (Ubuntu)
Mozilla Firefox	37.0.2

Verzió telepítések ajánlott módja terminálból:

```
sudo apt-get update

sudo apt-get install g++-4.8
sudo update-alternatives
    --install /usr/bin/g++ g++ /usr/bin/g++-4.8 20
sudo apt-get install erlang

sudo apt-get upgrade
```

Apache szerver konfigurációt elég csak a szerver gépen futtatni, a segéd számító gépeken nem szükséges, ezért a telepítést is csak ott szükséges elvégezni.

```
sudo apt-get install apache2
sudo apt-get install libapache2-mod-proxy-html
sudo apt-get install libxml2-dev
```

A weboldal megtekintéséhez Mozilla Firefox javasolt, ennek azon a gépen kell működnie amelyiken a klienst kívánjuk futtatni.

2.2.2. Rendszer konfiguráció

Első lépésként a forráskódat másoljuk át a gépre. Terminálban menjünk a mappába.

```
user@computername:[project](master)
```

Az apache szerverhez kapcsolódó lépéseket csak a szerveren kell elvégezni.

Apache szerver - szakdoli.config

A projektben található `/project/ServerConfig/szakdoli.conf` fájl mintájára létre lehet hozni a saját szerver konfigurációs fájlunkat.
Az elején megadjuk a külső figyelési pontot.

```
Listen 8086
<VirtualHost *:8086>
```

Beállíthatjuk a szerver admin-ját.

```
ServerAdmin webmaster@localhost
```

A mappa helyét **mindenképpen módosítani kell** a projekt aktuális mappájára, ahova másoltuk. DocumentRoot és a Directory után is.

```
DocumentRoot /home/../project/WebPage/
<Directory /home/../project/WebPage/>
```

A szerver elosztott része a 8082 porton van elindítva, és erre hozunk létre egy proxy-t hogy a weboldallal lehetősége legyen kommunikálni.

```
ProxyPass /API http://localhost:8082
ProxyPassReverse /API http://localhost:8082
<Proxy *>
    Order deny,allow
    Deny from all
    Allow from all
</Proxy>
```

Ha valami hiba van a szerveren, a logok segítségével ki lehet deríteni a hiba okát. Ehhez lehetőség van beállítani saját mappát is.

```
ErrorLog ${APACHE_LOG_DIR}/error.log
CustomLog ${APACHE_LOG_DIR}/access.log combined
```

Apache szerver - elindítás

Az előbbi pontban megvalósított szerver konfigurációs fájt át kell helyezni az `apache2/sites-avai` mappájába, és fel kell venni a konfigurálandó fájlok közé. Ha nincsen még a mód proxy_http-re állítva, azt is meg kell csinálni az újraindítás (restart) előtt.

```
sudo cp ./ServerConfig/szakdoli.conf /etc/apache2/sites-available/szakdoli.conf
sudo a2enmod proxy proxy_http
sudo a2ensite szakdoli.conf
```

Ezután ha a fájl rendben van el lehet indítani a szervert, mely ezután figyelni fogja az adott portokat.

```
sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

Elosztott számításhoz

Ezt a pontot a szerveren és a segéd számító gépeken is el kell végezni.
Az Erlang Node-ok kommunikációjához be kell állítani a `.erlang.cookie` fájlt mely a `/home`-ban található. Nem biztos hogy a fájlnak van írás joga. Ha nincs akkor adni kell neki, és meg kell nyitni valamilyen szerkesztőben. Szerkesztés után pedig ajánlott vissza adni az eredeti jogait.

```
sudo chmod +w ~/.erlang.cookie
sudo vim ~/.erlang.cookie
sudo chmod 400 ~/.erlang.cookie
```

Az alábbi atomot tartalmaznia kell a fájlnak.

```
cat ~/.erlang.cookie
distributed_interpolation_bylexy
```

Ezután az Erlang-node-ok tudnak egymással kommunikálni, akár több gépen is.

Szerver tesztelése

Az első üzembe helyezés előtt érdemes lefordítani a fájlokat, és lefuttatni a teszteket hogy tudjuk hogy az Erlang és a C++ verzió kompatibilis az eredetivel.
A bin mappában található fájlok segítenek minket a rendszer élesítésében, tehát ebben a mappában van lehetőség a futtatásra.

```
$ cd project/bin/
```

Először indítsuk el az alábbi fájlt, mely lefordítja nekünk a kellő részeket. Ennek a fájlnak a futása pár percet igénybe vehet. Ha nem sikerül lefutnia hiba nélkül, akkor nagy valószínűséggel az elosztott számítás nem konfigurálható.

```
./setup.sh
```

Ha sikeres volt a futás akkor elindíthatjuk az Erlang shell-t, és a run.erl fájl segítségével betölthetjük a lefordított elemeket. A run:load() futtatását shell indítás után egyszer szabad lefuttatni, mivel a NIF fájlok nem tudnak újra betöltődni, és ez hibát generál.
Érdemes ismét lefuttatni a teszteket, ha sikeres volt akkor a gép alkalmas arra hogy szerver vagy segéd gép legyen.

```
erl
c(run).
run:load().
run:test().
```

Ha az Erlang fájlokban módosítunk valamit akkor elegendő csak újra indítani a shell-t és lefuttatni a betöltés előtt az Erlang fájlok újra fordítását.

```
erl
c(run).
run:compile().
run:load().
run:test().
```

2.2.3. Használati útmutató

Szerver elindítása

A szerver elindítását a `/project/bin` mappában kell végezni. Miután az előző lépésben már a teszteket elvégeztük így elindíthatjuk a szervert és a gépeket. Adnunk kell egy nevet a node-unknak, melyet a shell indításakor az `-sname` kapcsolóval lehet megadni.

```
$ cd project/bin/
erl -s toolbar -sname nodeNameForInterpolation
c(run).
run:load().
run:test().
```

Ha a shell-ben minden megfelelően működik (fájlok lefordultak, tesztek lefutottak) akkor inicializálhatjuk a portokat, a run:initServer() függvényével. Ez a függvény létrehozza a szerver és a node-figyelő folyamatokat. Kiírja nekünk a képernyőre a figyelő folyamat pid-jét mellyel lehetőségünk van tesztelni, amikor esetleg egy gép felcsatlakozik.

```
(nodeNameForInterpolation@computername)4> node().
nodeNameForInterpolation@computername


(nodeNameForInterpolation@computername)5> run:initServer().
WatcherNode : <0.100.0>
%% ...
```

A számító folyamathoz szükségünk van a másik gépen meghívott node(). eredményére, mivel ez a node inicializációjának paramétere.

```
(nodeNameForInterpolation@computername2)5> run:initNode(nodeNameForInterpolation@
<0.66.0>
```

Ekkor ha sikeres volt a feliratkozás akkor a szerver gépen láthatjuk kiírva.

```
Worker Writed <10214.66.0> 'nodeNameForInterpolation@computername2'
```

A szerveren ezután le lehet futtatni esetleg többször is a tesztet, hogy tudjuk a közös kommunikáció és a tényleges szétosztás is megtörténik.

```
(test@computername)21> run:test(pid(0,104,0)).
(test@computername)21> nodeHandler:getNodelist(pid(0,100,0)).
```

Mivel a szerver portjai inicializálódtak, ezért a weboldalról is lehet küldeni a számításokat. A weboldal elérhető az adott porton. A weboldal elérhetővé vált az apache konfiguráció után, és a kommunikáció is működik, ha a szervert inicializáltuk. Az oldal Mozilla Firefox-ban lett tesztelve. Linkek ilyen típusúak lehetnek:

```
http://localhost:8086
http://<inet addr>:8086
```

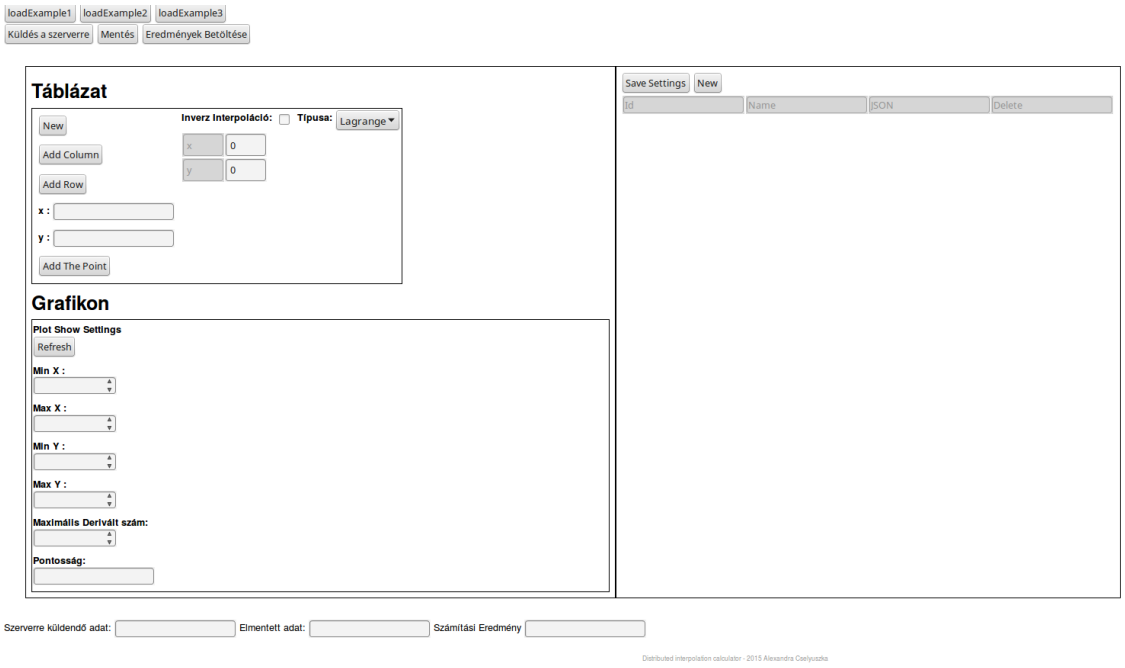
Közvetlen szerver kommunikációt az alábbi linken lehet elérni. Ha a kommunikáció kiépül akkor JSON-t kapunk válaszul, ha nem épül ki kapcsolat, akkor más hibaüzenetet kapunk.

```
http://localhost:8086/API
http://<inet addr>:8086/API
{"success":"false","msg":"Invalid Response"}
```

Weboldal használata

A weboldalt a szerver konfiguráció után el lehet érni az `http://<inet addr>:8086` linken, ahol a `<inet addr>` az adott gép kívülről elérhető címe. Ha helyi gépen van a szerver akkor az oldal elérhető a `http://localhost:8086` linken.

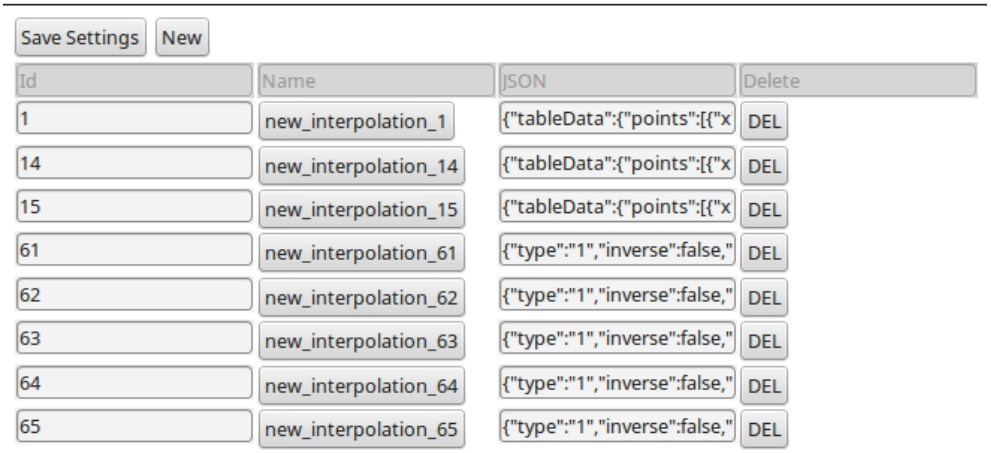
Amikor megnyitjuk az oldalt látjuk jobb oldalt a listát, bal oldalt pedig a Grafikon és Táblázat elnevezéssel az interpoláció szerkesztésére alkalmas felületet (2.1).



2.1. ábra. Weboldal megnyitás után

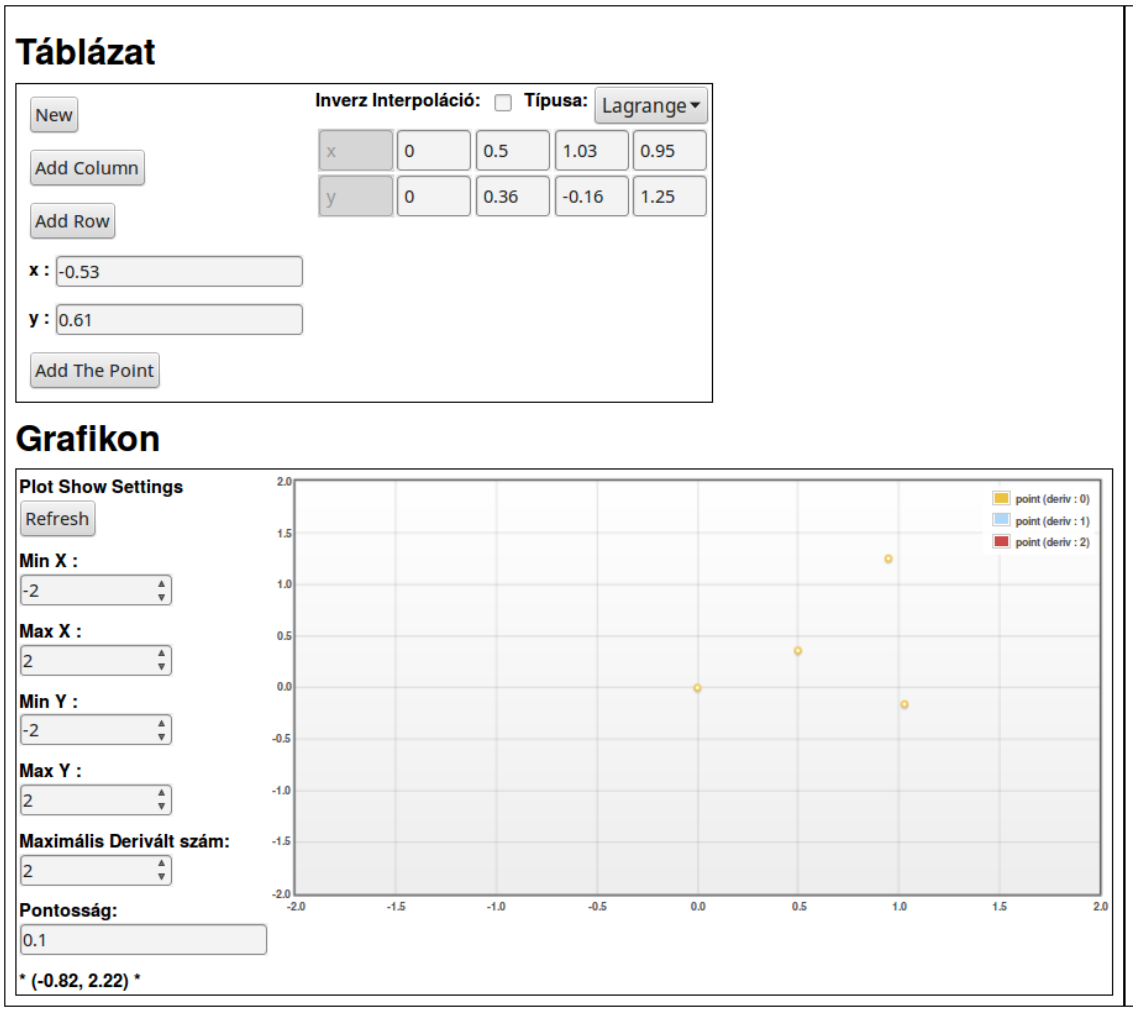
Először a jobb oldalon fel kell vennünk pár interpolálni kívánt adathalmazt. Egy sor egy interpoláció számítást jelent. Az elnevezés, tulajdonképpen egy gomb, mellyel az adott sor elemeit lehet betölteni.
Itt látható az a json, amelyben az adatok el vannak tárolva egyesével. Ebből tölti be a bal oldalra az interpoláció pontjait és tulajdonságait is. A névre kattintás hatására az adatok abból a sorból betöltődnek (2.2).

Ha kiválasztottuk a sort, akkor megjelenik a bal oldalon a grafikon és a táblázat az aktuális értékekkel. A táblázatba felvehetünk új pontokat, és azokat a frissítés gomb hatására a grafikonon is megtekinthetjük. A grafikonon kattintva az aktuális koordináták bekerülnek az x,y elnevezésű inputokba, ahonnan az új pont felvétel hatására bekerül a táblázatba (2.3).

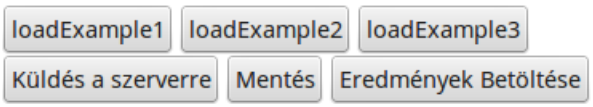


2.2. ábra. Interpolációk listája

Az oldalon megtekinthetőek még az egyes részekhez tartozó gombok, melyekkel új elemeket lehet létrehozni, vagy törölni régieket, valamint van lehetőség a mentésre is. Fent található gombok(2.4) segítségével minta adathalmazokat lehet betölteni, vagy a régieket lehet menteni. Ha befejeztük az adathalmazok szerkesztését akkor a küldés gombbal van lehetőség a szervernek elküldeni a szerkesztett adatokat.
A szerver számítás után felugrik egy ablak, amelyben megkapjuk válaszul hogy sikeres vagy sikertelen volt a szerver kommunikáció(2.6).
Sikeres szerver kommunikáció esetén ha a listában kiválasztunk egy elemet, akkor annak eredményét is megtekinthetjük, a grafikonon.
Abban az esetben amikor szerver hiba van nagy valószínűséggel a szerver kapcsolatban van a gond. Első lépésként ellenőrizni kell a szervert, hogy működik-e, és a tesztjei lefutnak-e. Ha működik minden tesztje és fut a szerver, mégis hiba van akkor az adatforgalmat kell ellenőrizni, hogy minden információ megérkezett-e, érdemes ilyenkor a szerver kommunikációt kielemezni, nincs-e valami lekorlátozva, vagy blokkolva.
Ha számítás sikeres volt akkor az interpoláció kiválasztása után megtekinthető lesz az eredmény. Ha nem sikerült az adott interpolációhoz a számítást végre hajtani, akkor nem láthatjuk a polinomot, és a szerveren az Erlang shell-ben megjelenik nagy valószínűséggel a hiba üzenet.



2.3. ábra. Grafikon és táblázat



2.4. ábra. Gombok

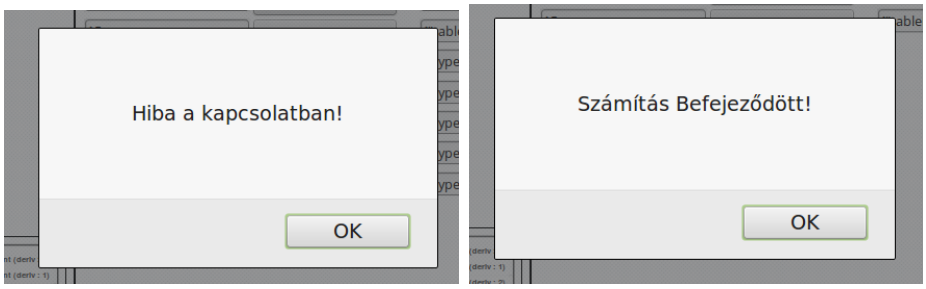
2.3. Összefoglaló

A feladat felületi oldala egyszerűen átlátható, de a gombok és listák kezelése nem kellőképpen dinamikus. Ennek az is az oka hogy egy elég komplex felületről van szó, ahol minden egységnek minden egységgel kommunikálnia kell valamilyen formában. Az adatok szerkesztése után egy gombra kattintással el is küldi a szervernek a szükséges információkat, melyekből a szerver számol, és eredményt ad vissza.

A kliens-szerver kommunikációt még bonyolítja az elosztott kommunikáció. Mivel igen sok rendszert érint, a telepítési folyamat nem is biztos hogy minden gépen végig tud menni.

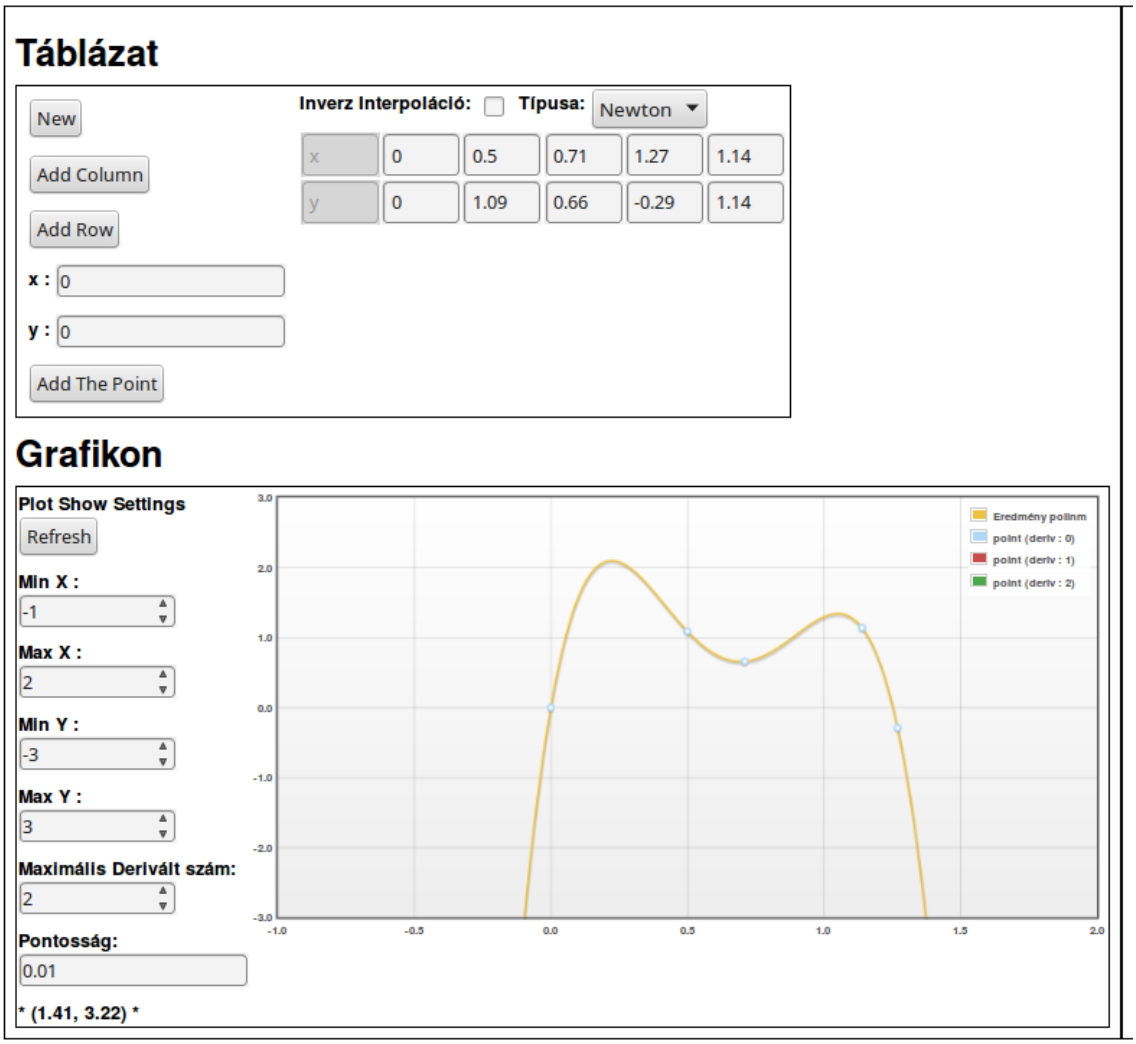
Viszont kellőképpen le van tesztelve a folyamat ahhoz hogy a felhasználó tudja már

2.5. ábra. Adatok betöltése, mentése az inputokba történik



2.6. ábra. Sikeres és sikertelen kapcsolat

a telepítés után hogy a rendszerén működni fognak-e a számítások.
Ha minden sikeresen végre hajtódik, akkor a felhasználó a kívánt ponthalmazokat és polinomokat láthatja a grafikonon, mint a sikeres interpoláció eredményét.



2.7. ábra. Eredmény kirajzolása

3. fejezet

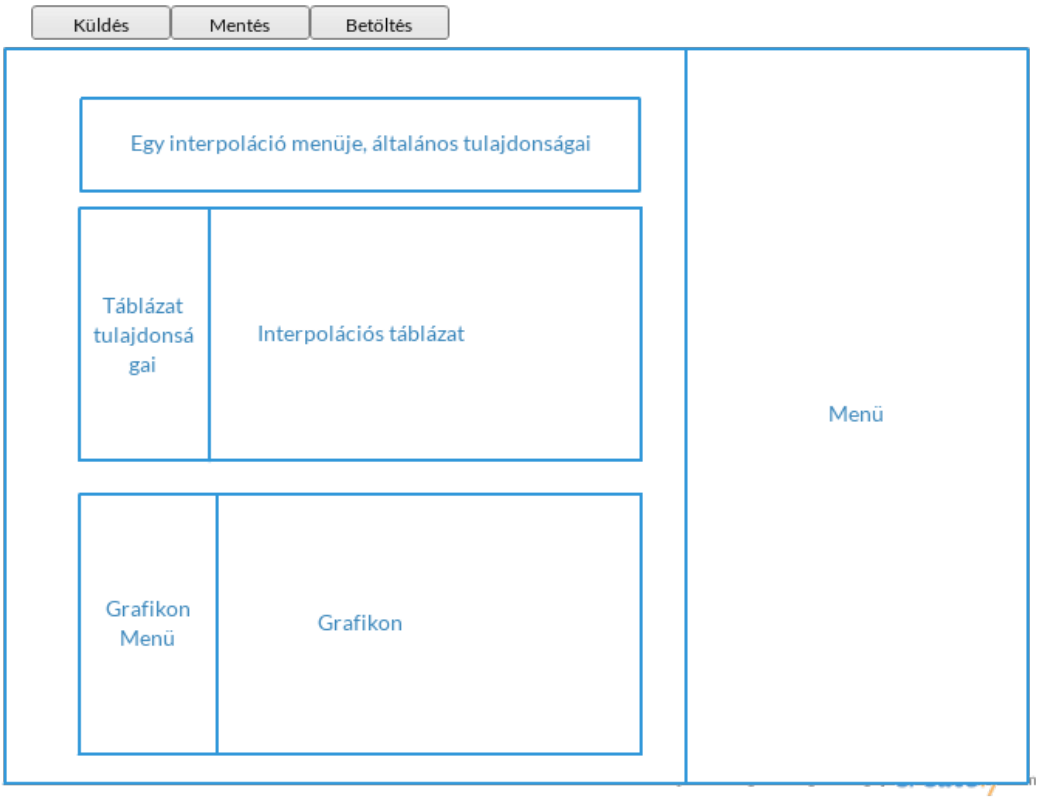
Fejlesztői dokumentáció

3.1. Megoldási terv

A program működése 2 részre bontható: weboldalra(kliens) és a szerverre. A weboldalon össze állított adatokat küldjük fel a szerverre, a szerver a megkapott adatok alapján számol.

3.1.1. Weboldal

A kliens megvalósításához az alábbi technológiák merültek fel : C++/Qt, C#, JS/HTML. Végül JavaScript-ben lett megvalósítva, első sorban a grafikon kirajzoló (Flot) miatt, de a szerver kommunikáció egyszerűsége is döntő ok volt amellett, hogy egy weboldal bármely gépen egyszerűen megnyitható, kezelhető.
Egy oldalból áll melyen a felhasználó szerkesztheti az adatokat. Azért nem lettek a részek külön oldalakon megvalósítva, mert az egyik oldalról az adatok átvitele egy másik oldalra nem annyira egyszerű, viszont nincs is olyan komplex az oldal, hogy szükséges legyen több aloldalra szétbontani. Az oldal megjelenés felépítése megtekinthető 3.1-es képen. Az első döntés, melyet a felülettel kapcsolatban meg kellett hozni a kirajzolás módja. Mivel JavaScript-hez találtam egy gyorsan megtanulható és kényelmes grafikon kirajzolót, ezért végül webes kliens mellett döntöttem. A grafikon kirajzolóról a 3.2.1 pontban lehet olvasni. A weboldalon meg kell valósítani a pontok dinamikus kirajzolását, és a táblázatos formában történő megjelenítést és szerkeszthetőséget. Mivel több interpolációt küldünk fel a szervernek ezért a weboldalon több szerkesztésére is lehetőséget kell adni.
Több interpoláció számítás szerkesztésének megvalósításához kell egy menü rendszer, amelyben eltárolódnak az adatok, és képesek betöltődni.
Az oldalon input-okat használunk még, és a dinamikus táblázat is JavaScript-ből van legenerálva. A táblázatokban sorok beszúrására teljes táblázat törlésre is lehetősé-



3.1. ábra. Weboldal vázlata

get kell adni. A táblázatokban inputok vannak az egyes cellákban melyben egyszerű értékek, vagy akár komplexebb Objektumok is találhatóak. A bonyolultabb objektumokat json string-ben tároljuk ezekben az inputokban.
A menü listájában új adathalmazokat hozhat létre, a régieket szerkesztheti. Amikor a felhasználó pontokat, megjelenítést frissít a legtöbb esetben az oldal már a háttérben menti az adatokat a listába. Amikor egy másik interpolációt választunk ki, akkor az betöltődik a táblázatba, és a grafikonba. A módosítások és mentés esetén az aktuálisan kiválasztott interpolációs adathalmaz sora fog frissülni. Ha a felhasználó végzett egy gombra nyomással a program legenerálja a szükséges objektumot.
A felület sok gombot tartalmaz, melyek hatására frissíthetőek az adatok. Amikor frissítünk egy részt, általában mentődnek az értékek egy inputba JSON formában.

3.1.2. Elosztott rendszer

Az elosztott rendszer megvalósításához az alábbi technológiák merültek fel: C++/PVM, Erlang. Miután a JavaScript mellett döntöttem a grafikus felületen, ezután optimálisabbnak tűnt egy hasonlóan gyengén típusos nyelvnek a használata. Az Erlang elég jól támogatja párhuzamosítást és a szerver kommunikációt is, és bár az algoritmusok implementálása nehézkesebb lett volna, de C++-ban megvalósított függvények beépítése miatt ez a probléma megoldódott.

A JavaScript-ből kapott json kibontására talált mochijson segítségével az adatokat át lehetett dolgozni Erlang-os típusokká, alkalmazásáról a 3.2.4 pontban lesz szó.

3.1.3. Számítás

A számítás megvalósításánál felmerült hogy Erlang-ban legyen, de mivel a számítást ciklusokkal érdemes megvalósítani, ezért egyszerűbb volt egy nem funkcionális nyelvben implementálni azokat. A C++-os függvényeket fel lehetett használni az Erlang modulokban. Erre a NIF könyvtárat használtam, melyről az 3.2.5 pontban részletesen szó esik.

3.1.4. Kommunikáció

Amikor a szervert létrehozzuk akkor inicializálunk két processzt. Az egyik a kliens felől várakozik kérésre, a másik a node-ok felől. Amikor egy node fel kíván csatlakozni, küld egy kérést. Ha sikeres volt akkor a szerver ezt jelzi neki, és felkerül a listára. A weboldalon egy gomb hatására megy egy kérés a szerver felé. A szerver jó esetben fogadja a kérést. Ha a kliensnek nem sikerült kapcsolatba lépnie a szerverrel, akkor jelzi a felhasználónak hogy a kapcsolódás során hiba lépett fel.
Ha fogadta a kérést, akkor megpróbálja feldolgozni az adatokat. Ha sikeresen feldolgozta az adatokat, abban az esetben elindul a szétosztás.
A szétosztás során a felcsatlakozott gépeken létre jönnek a processzek, majd kapnak egy adathalmazt mellyel számolniuk kell. Ha végeztek, az eredményt visszaküldik a szülő processznek. A szülő processz, ha megkapott minden értéket, azt visszaküldi a weboldalnak.
A weboldal sikeres válasz után betölti az eredményeket.

3.2. Felhasznált források és alkalmazásuk

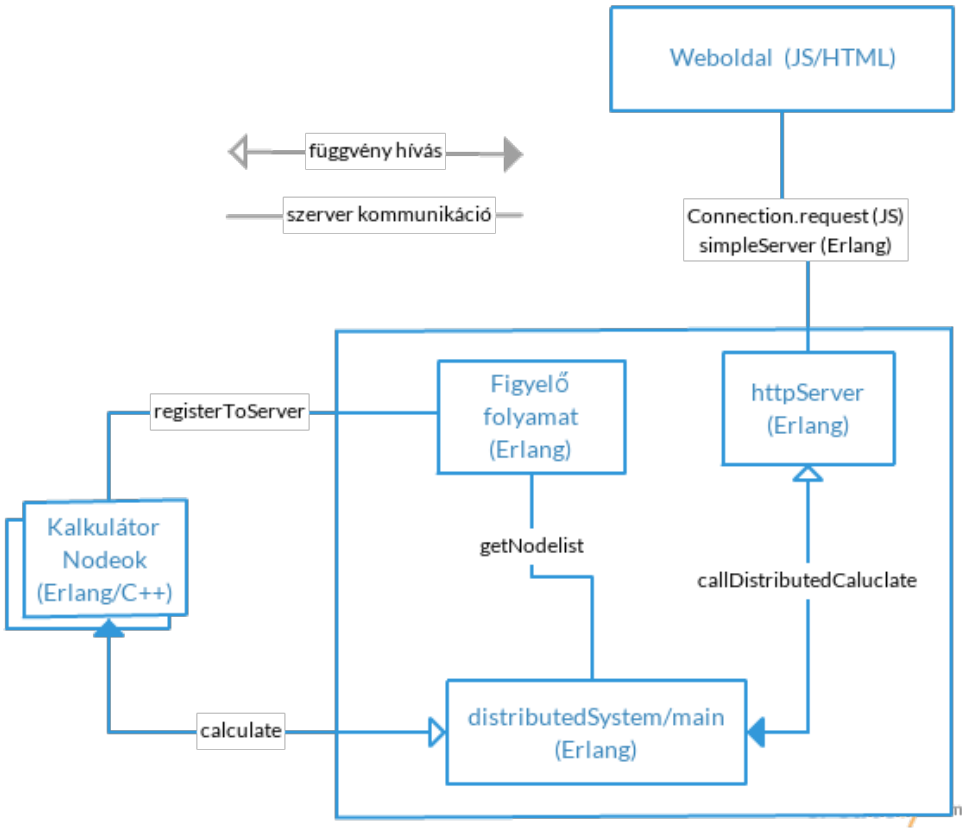
3.2.1. Grafikon kirajzoló - Flot

A Grafikon megjelenítéséhez a Flot 8.0.2-es verzióját használom. Ez egy jQuery-s könyvtár, melyben egyszerűen és látványosan lehet grafikonokat kirajzolni. A forrás a *WebPage/source/flot-8.0.2* mappában érhető el.

Felhasználás

HTML fájlban egy egyszerű DIV-ként jelenik meg, melyet aztán a JavaScript tölt meg tartalommal.

```
<div id=\"resultplot\" class=\"demo-placeholder\"></div>
```



3.2. ábra. Kommunikáció

A JavaScript-ben hivatkozhatunk erre a `DIV`-re, majd az adatok és a típusok segítségével alábbi módon hivatkozhatjuk meg:

```
var placeholder = $("#resultplot");
var plot = $.plot(placeholder, flot_data, type);
```

A paraméterezése a grafikon kirajzolónak az alábbi:

placeholder

DIV hivatkozása.

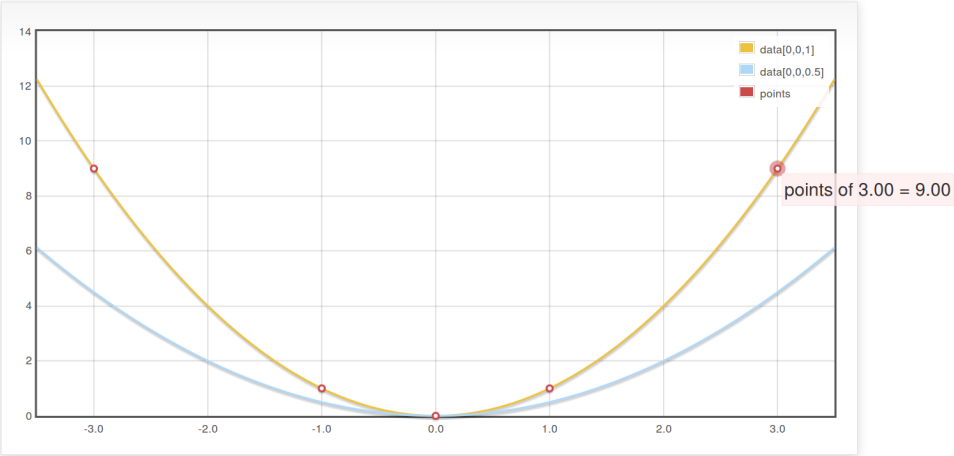
type

Megjelenítendő grafikon típusa.

A Flot sok lehetőséget nyújt a típusok kiválasztására, és ezekre való példákból megalkottam a saját típusomat mely a következőket tartalmazza egy objektumban:

```
series: { line: { show: true } }
```

Beállítjuk hogy a vonalakat jelenítse meg. Ekkor a pontokat is megjeleníti, a többi beállítás függvényében.



3.3. ábra. Grafikon kirajzoló

```
xaxis: { zoomRange: [0.1, 1], panRange: [-1000, 1000] }
yaxis: { zoomRange: [0.1, 100], panRange: [-1000, 1000] }
```

X és Y koordinátákon nagyítás és mozgatási beállítások interaktívvá állítása a xaxis, yaxis elemekkel valósul meg.

```
grid: { hoverable: true, clickable: true }
```

Ezeket a tulajdonságokat használjuk arra hogy felvegyünk új pontokat.
Emellett ha ráviszem az egeret az egyik pontra, megmutatja a pont koordinátáját, és értékeit, és hogy melyik ponthalmazon van.

```
zoom: { interactive: true}, pan: { interactive: true }
```

Nagyítás és kattintással mozgatás engedélyezése.
Ennek a beépítésével is foglalkoztam, de a kattintás sajnos nem egyeztethető könnyen össze a pont figyeléssel, valamint a beépítés után lassú lett, és akadozott a felület, így végül az interaktivitását külső komponensekkel(inputokkal) oldottam meg.

flot_data

A tényleges adathalmazokat tartalmazó tömb, melyben az egyes adatokról egyéni információkat is tartalmazza.

data

Pontok halmaza, melyeket megjelenítünk
[x, y] pontokból álló tömb
Polinom esetén is ezt használjuk, ezért a polinom behelyettesített értékeit adjuk itt meg. Amikor az egérrel felé megyünk ezeket a pontokat fogja megjeleníteni.

label

Adathalmaz elnevezése, ezt láthatjuk amikor az egérrel a pont felé visszük az egeret, valamint a színek-elnevezések össze párosításánál is segít.

points

Ha pontokat kívánunk megjeleníteni, akkor ezt a kapcsolót kell alkalmazni.

lines

Ha a pontokból alkotott vonalat kívánunk látni, akkor ezt a kapcsolót kell alkalmazni. Ezt használjuk a polinom megjelenítéséhez.

```
var example_datas = [{
    data: d4,
    label: "neved4",
    lines: { show: true }
}, {
    data: d3,
    label: "neved43"
    points: { show: true }
}];
```

3.2.2. Http szerver

A szerver kommunikációt Erlang oldalon 2 megtalált minta fájlból állítottam elő. Az egyikben egy egyszerű szerver kommunikációt mutattak be Erlang-ban[3].
A másik pedig az Erlang dokumentációjában megtalálható minta kommunikáció tcp protokollal[4].

3.2.3. Ping-pong - node figyelő

http://www.erlang.org/doc/getting_started/conc_prog.html Az Erlang oldalán található dokumentációban, mely az elosztás és a node kommunikációt mutatja be, sok minta kódot tartalmaz, melyekből könnyen elő tudtam állítani a saját kódomat.
Ez alapján a párhuzamosítottan számoló programomat könnyen át tudtam alakítani

elosztott módon számítóvá.
Emellett kellett valami lehetőség arra hogy a gépek fel tudjanak csatlakozni a szerverre. Lehetőség lett volna arra is hogy a figyelő helyett csak megkapja a gépek listáját a szerver, de így tisztábban szét van választva a háttér és a kliens, és nem is szükségesek a tényleges számításhoz.
Ezen az oldalon található minták a ping-pong kommunikációra, melynek segítségével hoztam létre a node-figyelőt. Ez a modul a `ServerConfig/nodeWatcher.erl` fájlban található meg.

Ennek mintájára hoztam létre az alábbi figyelőt, melyet regisztrálunk `pid_watcher` atom segítségével.

```
startPidWatch() ->
    PidWatch = spawn(nodeWatcher, pidWatch, [self(), []]),
    register(pid_watcher, PidWatch),
    PidWatch.
```

A másik gépről ezután lehet küldeni egy *"ping"*-et, melyet megkap a node-figyelő.

```
registerToServer(Pong_Node) ->
    spawn(nodeWatcher, registerToServerNode, [Pong_Node]).
...
registerToServerNode(Pong_Node) ->
    {pid_watcher, Pong_Node} ! {worker_write, self(), node()},
    ...
```

3.2.4. Struktúra kezelő - mochijson

A mochijson egy Erlang-hoz is használt modul, melynek segítségével egy json stringet át lehet konvertálni Erlang-os struktúrává.
`git clone https://github.com/mochi/mochiweb.git`(2015.05) paranccsal a teljes mochiweb könyvtárat le lehet tölteni. A `mochiweb/src` mappában találhatóak azok a fájlok melyeket le lehet fordítani, és be lehet tölteni az Erlang shell-be. Lehet letölteni a fájlokat különállóan is.
Eredetileg csak a mochijson.erl-re volt szükségem, de miután komplexebb adatot kellett encode-olnom szükségessé vált még egy fájl betöltése, viszont nem tudtam hogy az még milyen függőségeket hordoz magában, így letöltöttem az egész repository-t.
Ha Erlang-ban lefordítjuk shell-ben `mochijson:encode, decode` függvényekkel egyszerűen lehet használni.
Példa képen megtekinthetjük az alábbi egyszerű json-t, mely már tartalmaz objektumot és tömböt.

```
{
    "1": {
        "result": [
            0.1,
            0.5,
            0.7
        ],
        "time": 0.5
    }
}
```

Ennek string formájára meghívhatjuk a mochijson decode függvényt.

```
ErlStruct = mochijson:decode(
    "{\"1\":{\"result\":[0.1,0.5,0.7],\"time\":0.5}}"
).
```

Ennek eredménye egy Erlang-os struktúra.

```
{struct, [
    {"1", {struct,[
          {"result",{array,[0.1,0.5,0.7]}},
          {"time",0.5}
    ]}}
]}
```

Az `mochijson:encode` segítségével pedig ezt a struktúrát vissza tudjuk alakítani json string-gé. Bár az eredményt shell-ben binary formában lehet egyszerűen megtekinteni, és ebben a formában is kell vissza küldeni a kliensnek.

```
iolist_to_binary(mochijson:encode(ErlStruct)).
<<"{\"1\":{\"result\":[0.1,0.5,0.7],\"time\":0.5}}">>
```

Felhasználás

Ennek a típusa nem egyszerű, főleg ilyen komplex adathalmaznál. Ennek kezelésére létre lett hozva a `Utility/structHandler` modul.
Első lépésben a string-et konvertáljuk a kellő típussá.

```
getDataByJson(JsonSting) -> apply(mochijson, decode, [JsonSting]).
```

Ismeretek segítségével létre hoztam egy olyan függvényt, ami kinyer egy adott értéket a struktúrából.

```
getElementByKey(array, {array, Array}) -> Array;
getElementByKey(struct, {struct, Array}) -> Array;
getElementByKey(Name, {struct, Struct}) -> getElementByKey(Name, Struct);
getElementByKey(Name,[{Name, Value}]) -> Value;
```

Ennek felhasználásával dolgoztam fel a struktúrát.

3.2.5. Erlang modul C++-ban - NIF

NIF [2] (native implemented functions) egy C könyvtár, melynek segítségével implementálhatjuk egy modul függvényeit C-ben vagy C++-ban.

Felhasználás

A calculator Erlang-modul megvalósítását C++-ban implementáltuk.
`Calculator/` mappában található `erlang.cpp` és a `calculator.erl` fájlokban használjuk fel a NIF-et. Amely fájlban végezzük a modul közvetlen kommunikációját az Erlang-al ott le kell tölteni az `erl_nif` könyvtárat.

```
#include "erl_nif.h"
```

Emellett meg kell neki adni, melyik függvényeket, hány paraméterrel szeretnénk az Erlang-ba betölteni. A fájlt `Calculator/erlang.cpp` néven találhatjuk meg.

```
static ErlNifFunc nif_funcs[] = {
    {"calculate", 4, calculate_nif}
};
```

Amikor inicializáljuk, le kell írni hogy melyik modul-nak lesz a része.

```
ERL_NIF_INIT(calculator, nif_funcs, NULL, NULL, NULL, NULL)
```

Amikor meghívódik az Erlang-ból ez a modul, paraméterként `ERL_NIF_TERM` típusú változókat kapunk, melyeket lehetőség van átkonvertálni C++-os típusokká.
Az `enif_get_int` függvény segítségével egy változóból kinyerhetjük az integer-ré konvertált értéket. Hasonlóan használjuk az `enif_get_double` függvényt mely értelemszerűen egy double típusú értéket ad vissza.
Egy lista elemeit `enif_get_list_cell` függvény segítségével tudtam átkonvertálni. Ennek segítségével megvalósítottam a vektor-rá és mátrix-á átalakító függvényeket,

```
ERL_NIF_TERM head; ERL_NIF_TERM tail = arg;
//...
while(enif_get_list_cell(env, tail, &head, &tail)) {
    //...
}
```

A számítás eredménye egy vektor, így az eredményül kapott értéket vissza kell valahogyan konvertálni Erlang-os típussá. Ezt az `enif_make_double` és az `enif_make_list_from_arra` függvények segítségével lehet megvalósítani. Ennek implementálása a `convertList` függvényben történt.
A tényleges híváshoz a `nif_funcs`-ban meghivatkozott `calculate_nif`-et kell implementálni.
Ebben meghívódnak a konvertáló függvények a helyes paraméterezés kialakításához, majd az eredménnyel visszatérünk egy lista formájában.

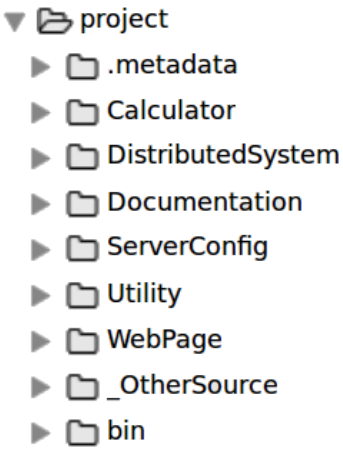
```
static ERL_NIF_TERM calculate_nif(ErlNifEnv* env, int argc, const ERL_NIF_TERM ar
    //...
    poli = interpolateMain(X, Y, type, isInverse);
    return convertList(env, poli);
}
```

3.2.6. Dokumentációhoz felhasznált programok

A tervezési, és megvalósítási szemléltető képek és diagramok egy webes szerkesztő segítségével valósultak meg. Ez az oldal 2015-ben a http://creately.com/ címen volt elérhető.

3.3. Megvalósított mappaszerkezet

A fájlszerkezetnek a tervezésénél nem voltak összetett mappa szerkezetek, dinamikusan változtak. 3 mappa volt a tervezett: elosztott rendszer, weboldal és a külső fájlok mappája. A többi mappa mind a `project/`-ben lévő mappák és az almappák a fejlesztés során lettek bele tervezve, amikor a fájlok mennyisége, vagy az új technológia szeparálása megkívánta azt.



3.4. ábra. Külső mappaszerkezet

Calculator
Az interpoláció számítás megvalósítását valamint az Erlang-modullá alakítását is tartalmazó mappa. Függvényei a DistributedSystem mappából hívódnak.

DistributedSystem
Elosztás logikáját tartalmazó mappa, melynek függvényei a ServerConfig mappából hívódnak.

ServerConfig
Szerver megvalósítását tartalmazó mappa.

Utility
Több helyen is meghívható függvényeket tartalmazó mappa. Struktúra kezelés megvalósítása és a mochijson található itt.

WebPage
Weboldal mappája.

_OtherSource
Külső felhasznált komponensek mappája.

bin
Szerver inicializálását tartalmazó mappa. Ide kerülnek a lefordított fájlok is.

Documentation
Dokumentáció forrás fájljait tartalmazó mappa.

3.4. Weboldal megvalósítása

3.4.1. Felépítés

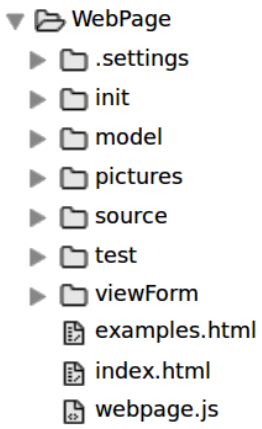
A weboldal forráskódja a `/webpage` mappában helyezkedik el. A fájlszerkezet az alábbi:

webpage.js :
Globális változók inicializálása és pár alapbeállítás lefuttatása.

webpage.html :
Weboldal megjelenítése, fájlok betöltése.

/init
Inicializáló függvények hívásai és események.

menulist.js :
Interpolációk listájának inicializálója.



3.5. ábra. A weboldal mappái

plot.js :
Interpolációs grafikon inicializálása.

table.js :
Interpolációs táblázat inicializálása.

events.js :
Gombra kattintások eseményei.

/model
Objektumok, melyeket az inicializáló lépésben hívunk, és azok segédletei.

base.js :
Globális függvények
Base.get, Base.erlangJSON, Base.forEach.

base_table.js :
Általános táblázat generáló függvény.

connection.js :
Szerver kapcsolat meghívására szolgáló függvény.
Connection.request

plot_types.js :
A grafikon kirajzoló típus objektumai.

polinome.js :
Polinom kirajzolását segítő függvények.
A makePolinome található benne és egyéb segédfüggvények.

web_page_debug.js :
A Weboldalon történő kiíratást segítő objektum.
Jelenleg sehol nem használjuk már, de a megvalósítás során fontos szerepe volt a hibajavításban.

/model/interpolation

Az oldal 3 fő részegységének függvényei:

menulist.js :

Interpolációk lista megvalósítása.
function interpolationMenulist (aConfig) Objektum fájlja.

plot.js :

Interpolációs grafikon megvalósítása.
function interpolationPlot(aConfig) Objektum fájlja.

table.js :

Interpolációs táblázat megvalósítása.
function interpolationTable(aConfig) Objektum fájlja.

/test

Olyan weboldal részlet fájlok, melyekből kialakult a mostani nagy fájl, és az objektumai, valamint tartalmaz még minta adathalmazokat.

/viewForm

Megjelenítéssel kapcsolatos css fájlokat tartalmazó mappa.

3.4.2. Fontosabb objektumok és függvények

Az objektumokat legtöbb esetben egy függvény generálja, melyeket a visszatérés után felhasználunk az eseménykezelésekhez.

makePolinome(inPolinome, plotFor)

Polinom pontjainak legenerálására szolgáló függvény, a grafikon kirajzolónak megfelelő típusban.

inPolinome

A polinom tömbös formában.

plotFor

A polinom intervalluma és pontossága.

Connection.request(aConfig)

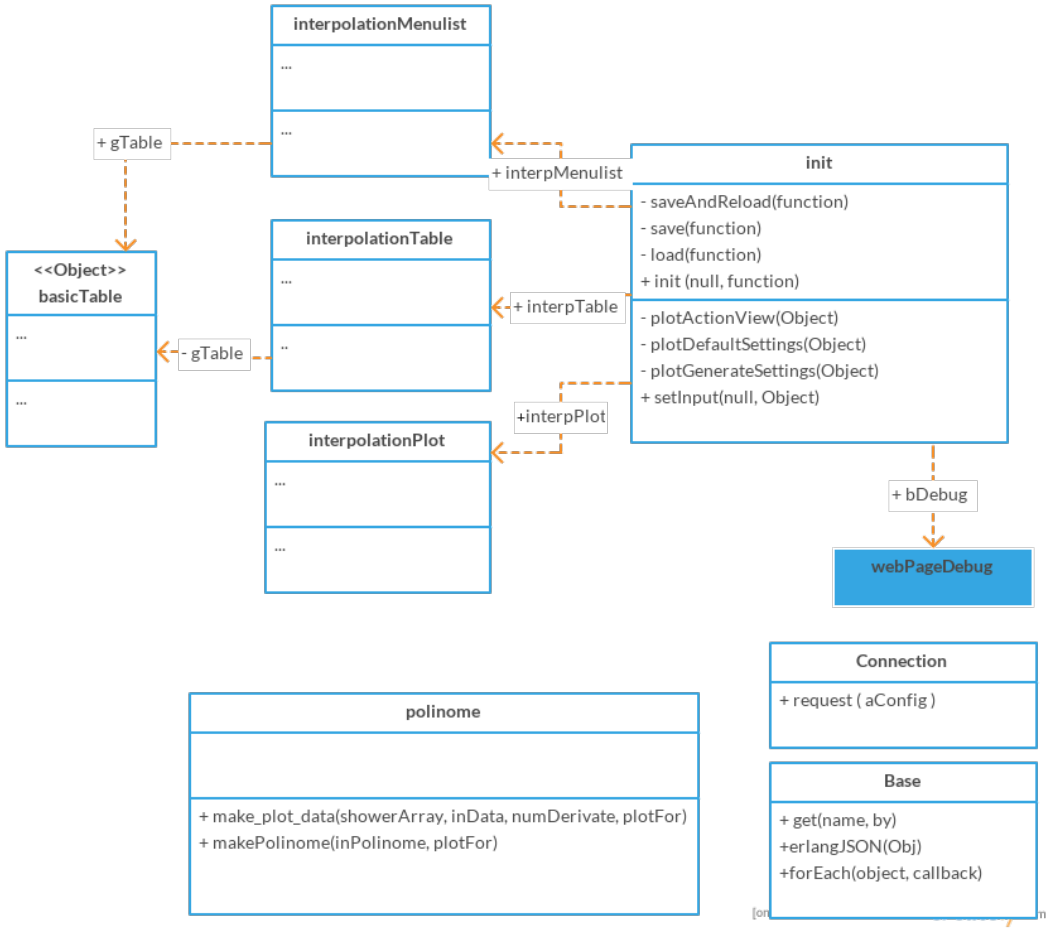
Elküldi a szervernek az értékeket.

aConfig.params

A kommunikációban a paraméter amelyet átküldünk a szervernek.

aConfig.callback

Sikeres visszatérés esetén ez a függvény fut le a szervertől vissza adott válasszal.



3.6. ábra. Weboldal osztálydiagramja

basicTable (aConfig)

Egy alap tábla objektum. Ennek segítségével lehet létrehozni az interpolációs táblázatot és a menü listát(interpoláció választó).

that.addNewCellToRow(rowIndex, textValue, inputAttributes)

Ad egy új cellát a sorhoz.

that.addNewRowToTable(data)

Ad egy új sort a táblázathoz.

that.addNewColumnToTable(data)

Ad egy új oszlopot a táblázathoz.

that.newTable()

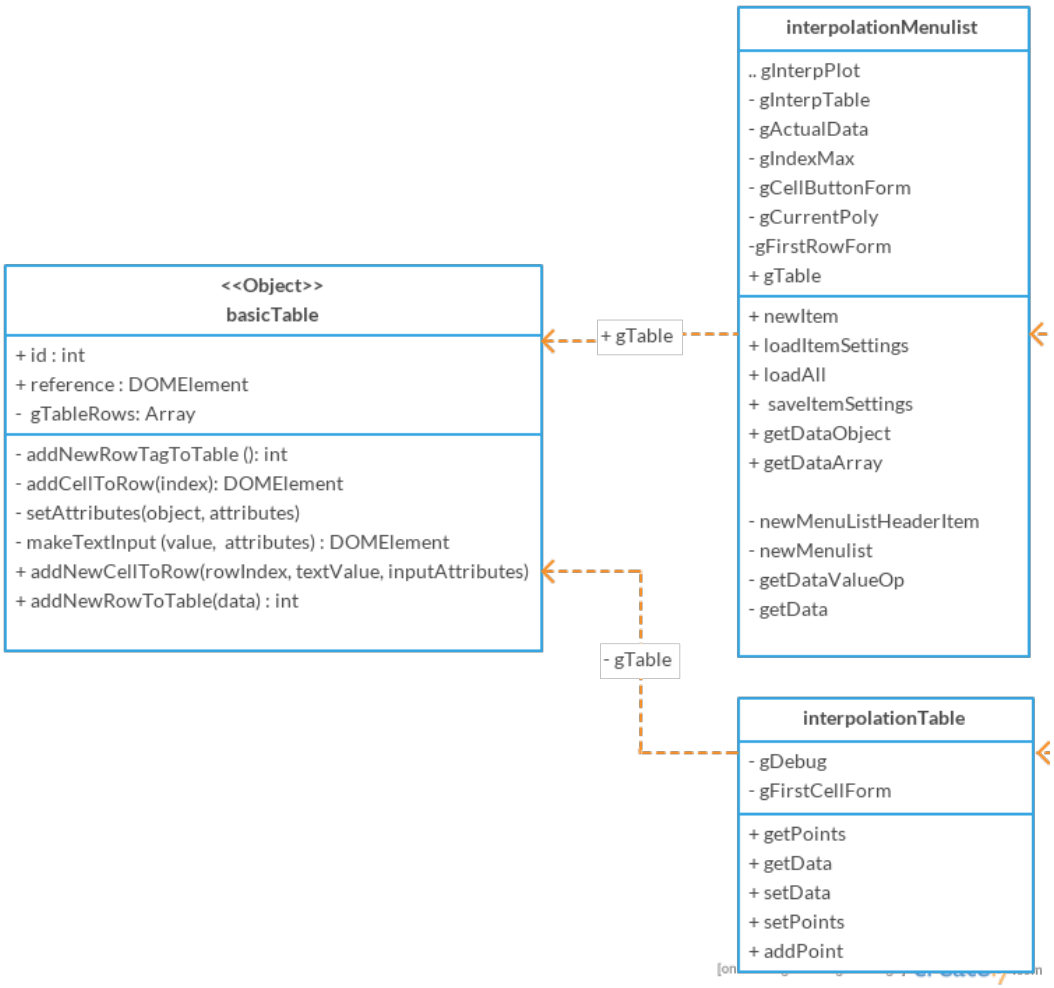
Új tábla létrehozása.

that.setCellForm((i , j, attributes))

Egy adott cella megformázás beállítása.

that.getNumOfCols()

Visszatér az oszlopok számával.



3.7. ábra. Táblázatok osztálydiagramja

that.getNumOfRows()

Visszatér a sorok számával.

that.getRow(i)

Visszatér a sor DOM-elemével az index alapján.

Ha nincs olyan indexű akkor null-al tér vissza.

that.getInputTag(i, j)

Visszatér a tábla input elemével.

that.getValue(i, j)

Egy adott cella érték lekérdezése.

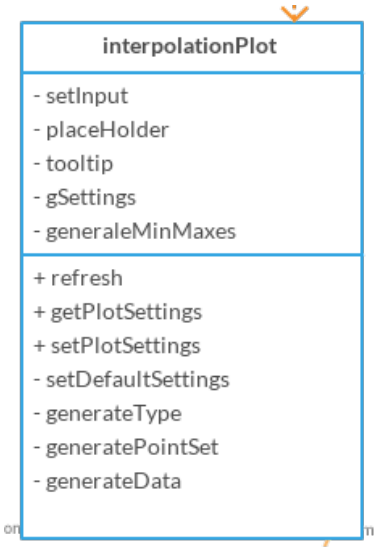
that.findValue(column, value)

Megkeresi melyik sorban van egy adott értéket.

that.setValue(i, j, value, form)

Beállít egy adott értéket egy cellának.

that.deleteTable()



3.8. ábra. Grafikon kirajzoló osztálydiagramja

Teljesen törli a táblázatot.

that.remove(row)

Kivesz egy sort a táblázatból.

addNewRowTagToTable ()

Ad egy új sort a táblázathoz.

addCellToRow(index)

Ad egy cellát a sorhoz.

setAttributes(object, attributes)

Beállítja egy objektum tulajdonságait.

makeTextInput (value, attributes)

TextInput hozzáadása a sorhoz.

interpolationMenulist (aConfig)

Az interpolációs menü függvénye. Itt tarjuk számon az aktuálisan betöltött adathalmazt.

that.newItem()

Új elemet vesz fel a listába. Gomb hatására is meghívódhat.

Új lista elem egy új interpolációs adathalmaz felvételét jelenti.

that.getDataArray(server)

Visszatér az adathalmazzal, tömb formában. Ebben a formában küldjük fel a szervernek.

that.getDataObject()

Eredményül adja az adathalmazt, egy objektum formájában. Az Objektum értékeinek kulcsa, az interpolációk egyedi azonosítója (id-ja).

that.saveItemSettings()

Elmenti az adatokat az aktuálisan kijelölt sorba.

that.loadItemSettings(index)

Feldogozza az adatsort a táblából, és betölti az adatokat a táblába.

that.loadAll(savedObject, resultObject)

Betölti az összes Interpolációt az adott adathalmazból.

newMenulist()

Új menülista: régi menü kitörlése, és egy új generálása.

interpolationPlot (aConfig)

Grafikon megjelenítése: `Flot` segítségével létrehoztam az alábbi Objektumot. Ebben valósítottam meg a kirajzolást, és annak tulajdonságait.

that.refresh(points, polynomials)

Pontok és a polinomok alapján frissíti a grafikont.

that.getPlotSettings

Visszatér a grafikon megjelenítési tulajdonságokkal. Ennek segítségével mentünk.

that.setPlotSettings

Betölti a grafikon megjelenítési tulajdonságokat.

generateData(senderData, polynomial)

Legenerálja a grafikon azon bemenő paraméterét, amely a megjelenítendő adatokat állítja.

generateType()

Legenerálja a grafikon azon bemenő paraméterét, amely a grafikon megjelenítését állítja.

setDefaultSettings()

Beállítja a grafikon paramétereit és értékeit az alapértelmezett értékekre.

generatePointSet(tableArray, derivNum)

Legenerálja az adott pontokat, az interpolációs táblázatból.

interpolationTable (aConfig)

Az interpolációs Táblázat logikája, és generálása. Ebben a táblázatban tekinthetjük meg a pontokat.

that.addPoint(x, y, dn)

Hozzá adja a pontot a táblázathoz. Ha létezik ezen az X-en pont akkor frissíti.

that.setPoints(tableArray)
Feltölti a táblázatot egy adott tömb értékeivel.

that.setData(data)
Feltölti az adatokkal a táblát.

that.getData()
Visszatér a táblázatban szereplő adatokkal.

that.getPoints()
Visszatér a táblázatban szereplő pontokkal.

3.5. Elosztott rendszer megvalósítása

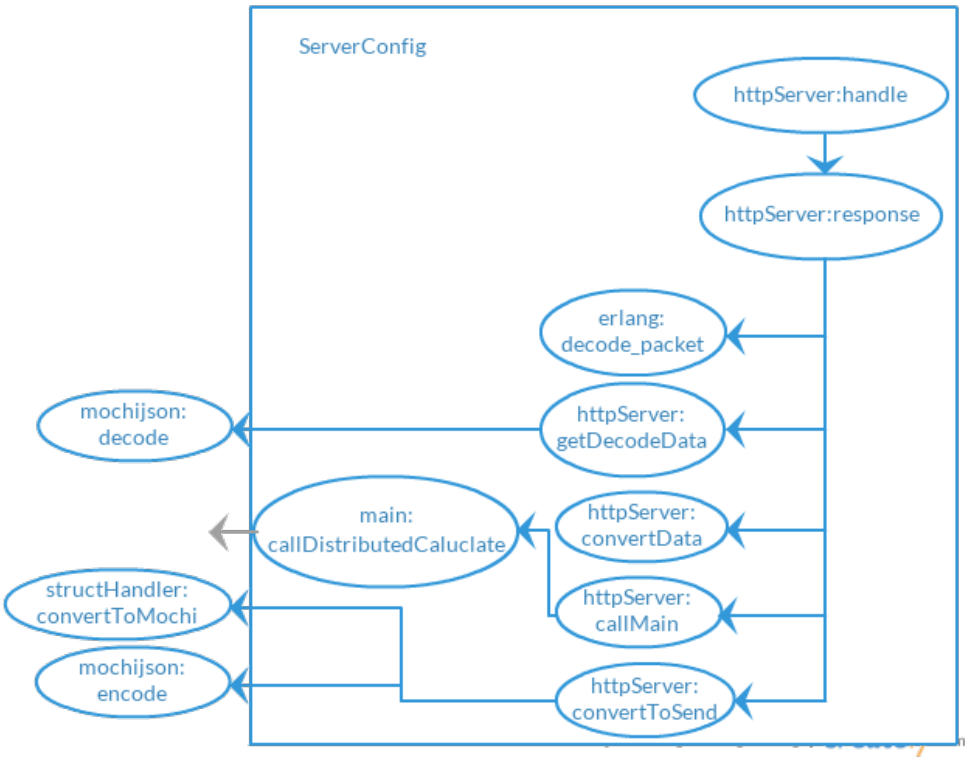
Elosztott rendszer Erlang-ban lett megvalósítva. Az elosztást interpolációnként végezzük, vagyis annyi processzt hozunk létre amennyi interpolációt kívánunk egyszerre kiszámítani.
A szerver figyel egy portot hogy érkezett-e rá adat. Ha érkezett adat az adott portra, azt kibontja, és elvégzi a szükséges műveleteket. Kinyer belőle egy listát mely az interpolálni kívánt pontokat és tulajdonságokat tartalmazza.
Tudjuk pontosan hány eleme van a listának, és annyi processzt hozunk létre. Ha vannak felcsatlakozva node-ok akkor a processzt az adott node-on is meg tudja hívni. Ha létrehozta a processzeket lista elemein végig megy, és azokat szétküldi a processzeknek, majd megvárja míg az összes végig ér, és visszatérve megkapja az eredményt.

3.5.1. Web-szerver kommunikáció

A webszerver kommunikációhoz a fájlok a httpServer.erl fájlban találhatóak meg. Az ebben található függvényeket a main-ben hívjuk meg amikor inicializáljuk a szervert.

httpServer:start(Port, WatcherNode)
Elindítja a szervert, az adott porton.
Ezt a függvényt a main-ben hívjuk, meg ahol már megkapja a node-figyelő pid-jét és az alapértelmezett port-ot.

httpServer:response(Str, WatcherNode)
Miután érkezik egy kérés a szervernek ebben a függvényben kezeljük le. Innen indul ki minden folyamat ami a számítást végzi.
Az alábbi sorrendben hívódnak meg a függvények:
getDecodeData, convertData, callMain, convertToSend.



3.9. ábra. Szerver hívási folyamata

httpServer:getDecodeData(_)

Visszatér a szervernek küldött paraméterrel.

httpServer:convertData(ResponseParams)

Létrehozza a kapott adatból az Erlang struktúrát.

httpServer:callMain(RespJson, WatcherNode)

Amikor az adatokat feldolgoztuk és minden rendben ment, elindítjuk a main függvényét, ezen függvény segítségével.

httpServer:convertToSend(Object)

Amikor a számítás véget ért, létrehozzunk a visszaküldéshez szükséges adatstruktúrát, majd elküldjük a szervernek.

3.5.2. Adat feldolgozás

Az adatot JSON-ben kapja a szerver. Az adathalmaz kibontásához MonchiJSON lett alkalmazva. A segédfüggvények és konvertálók a `Utility/structHandler.erl` fájlban lettek megvalósítva.

Elsősorban a megkapott speciális adathalmaz kibontására használtak az itt lévő függvények, de egyéb segédfüggvények is megtalálhatóak ebben a fájlban, amelyek a konvertálással kapcsolatosak.

Mochi-json kibontásához használt segédfüggvények:

structHandler:getElementByKeyList(KeyList, DataSetElement)

Visszatér egy értékkel, amely az adott kulcson van, ha egy elemű a kulcs lista. Több elem esetén a kulcsokban lévő értékeket nézi, és visszaadja a legbelső kulcson lévő elemet.

structHandler:getElementByKey()

Visszatér egy objektumban az adott kulcson lévő értékkel.

Adat Struktúra az interpoláció meghívásához

structHandler:getDataByJson(JsonSting)

A mochi-json dekódoló meghívása, visszatér egy Erlang struktúrával.

structHandler:getDataSet(Data)

Visszatér az adatok halmazával. Ebből a halmazon, vagyis listán kell végig menni, és szétosztani az elemeit.

structHandler:getPoints

Pontok visszanyerése egy speciális módon, melyet a `calulator` fel tud használni.

```
EmptyStruct =  [{x, []}, {y, []}]
```

structHandler:<Számítási paraméterek>

getInverse(DataSetElement) - inverz-e
getType(DataSetElement) mi a típusa?
getId(DataSetElement) egyedi azonosítója
getPoints(DataSetElement) pontok struktúrája

Az eredmény visszanyeréséhez az alábbi segédfüggvényeket kellett használni:

structHandler:convertToMochi(Object)

A mochi-json Erlang struktúra annyira nem egyértelmű elemekből áll. Speciálisan kell felépíteni az eredményt. Ez a függvény megkap egy Erlang listát és átkonvertálja mochi-json-nak megfelelő struktúrává, majd átkonvertálja egy json string-gé.

structHandler:simplifyPolinomial(Result, Array)

Egyszerűsíti a polinomot amelyet eredményül kapott.

3.5.3. Gép-szerver kommunikáció

pidWatch:startPidWatch()

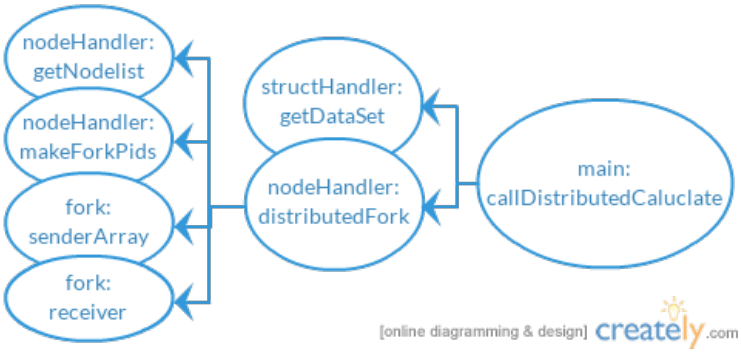
Elindítja a node-figyelőt, melyben feliratkozni lehet a listára, vagy lekérdezni az adatokat. A node-figyelő indulás után figyelni fog és ha küldenek neki egy kérést, akkor azt kezeli.

pidWatch:registerToServer(Pong_Node)

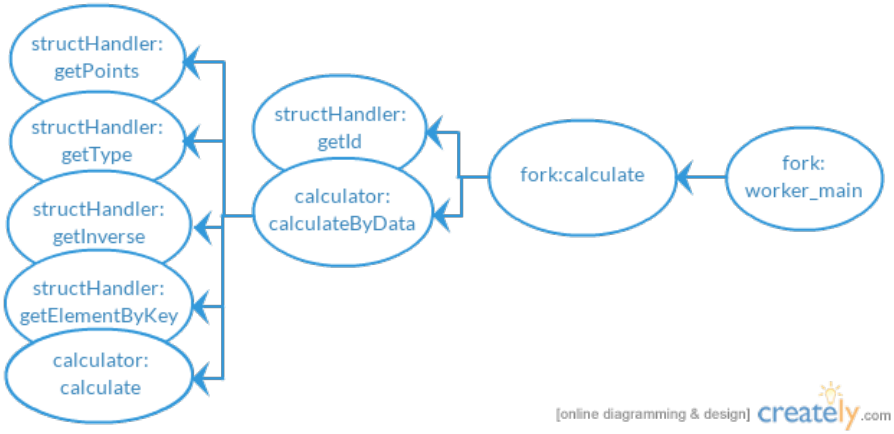
Ezzel a kéréssel lehet felcsatlakozni a szerverre. A kérést elküldi és ha sikeres volt a feliratkozás, akkor ok-al tér vissza.

3.5.4. Elosztás megvalósítása

Az elosztást tartalmazó fájlokat a /DistributedSystem mappában találjuk meg. nodeHandler.erl fájlban találhatóak a processz létrehozással kapcsolatos függvények. fork.erl fájlban a processz kommunikáció logikája van megvalósítva.



3.10. ábra. Elosztás folyamat hívásai



3.11. ábra. Gyerek folyamat hívásai

nodeHandler:distributedFork(NumOfPids, DataList, WatcherNode)
Létrehozza a számításhoz szükséges node Struktúrát. LogicModule-ban szereplő senderstart, recivestart, worker_main függvényeket kezeli.

nodeHandler:getNodelist
Lekéri a node-figyelőtől a felcsatlakozott node-okat.

nodeHandler:makeForkPids
Létrehozza a számításhoz szükséges új processzeket.

fork:senderArray
Végig megy egy adott tömbön és az elemeit szétküldi a processzeknek.

fork:receiver
Válaszok érkezésére vár a processzektől. Ha minden válasz megérkezett, akkor visszatér.

fork:worker_main
A gyerek processzek függvénye. Várja a szülőtől az adatot, számol vele és visszaküldi.

fork:calculate
A fork-ból a számítást hívó függvény. Eredménnyel visszatér, majd azt olyan formára hozza, amit vár a szülő.

3.6. Kalkulátor

A Kalkulátor részben számítódik ki egy-egy interpolációnak az eredménye. A megkapott adatok alapján számol, ha kell létre hozza a kezdő mátrixot, kiszámolja az eredmény mátrixot, majd annak segítségével kiszámolja a polinomot.

3.6.1. Felépítés

A számítást végző rész, nem áll sok fájlból, ezért ez nem lett sok részre szétbontva.

calculator.cpp
Az egész számítás itt van megvalósítva, minden függvény, és segédfüggvény is.

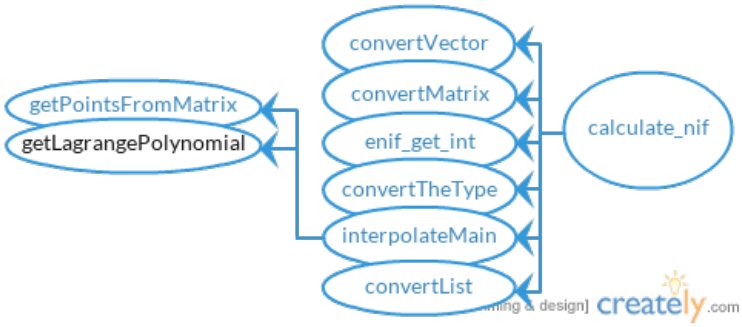
erlang.cpp
Az Erlang-gal való kommunikáció megvalósítása.

main.cpp
C++-os modul különálló tesztelésére kellett.

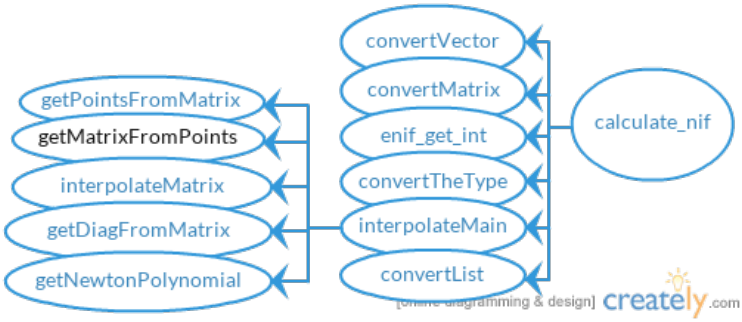
logTest.cpp

Teszt függvények, melyekben dinamikus tesztesetek és paraméterezhető tesztesetek is vannak.

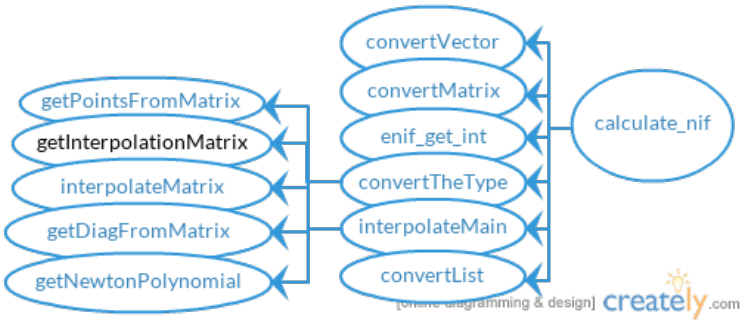
3.6.2. Fontosabb számítási függvények



3.12. ábra. Lagrange számítás hívási folyamata



3.13. ábra. Newton számítás hívási folyamata



3.14. ábra. Hermite számítás hívási folyamata

DArray interpolateMain

Kívülről meghívandó fő függvény mely elosztja és konvertálja a részeket

DArray &x : Az x pontok listája

DMatrix &Y : Az x pontokhoz tartozó y pontok halmaza

string type : Interpoláció típusa: Lagrange, Newton, Hermite

bool inverse : Inverz interpoláció kell-e

void interpolateMatrix(DArray &x, DMatrix &M)
Interpolációs Táblázat kiszámítása.

DArray l(int j, DArray X))
Lagrange polinom számítás segédfüggvénye.

DArray getLagrangePolinomyal(DArray X, DArray Y)
Lagrange polinom számítás.

DArray omega(int j, DArray X)
Newton polinom számítás segédfüggvénye.

DArray polynomialAddition(DArray P, DArray Q)
polinom összeadás.

DArray polynomialMultiply(DArray P, DArray Q)
polinom szorzás.

DArray getPointsFromMatrix(DMatrix Y)
Pontokat(0. derivált) visszaadja a mátrixból.

DMatrix getMatrixFromPoints(DArray Y)
Mátrixot ad vissza a pontokból.

DArray getDiagFromMatrix (DMatrix &M)
Diagonális lekérése a mátrixból.

void getInterpolationMatrix
(DArray X, DMatrix Y, DArray &resX, DMatrix &resM)
X és Y ponthalmazból visszaadja a mátrixot.

3.6.3. Elosztott rendszerrel való kommunikáció

A `Calculator/erlang.cpp` tartalmazza a NIF segítségével megvalósított C++ modult.

static ERL_NIF_TERM calculate_nif
Az Erlang konvertálást és számítást kezelő függvény.

static int convertVector
Erlang lista C++ vektorrá konvertálása.

static int convertMatrix

Erlang lista lista konvertálása C++ vektor vektorrá.

static ERL_NIF_TERM convertList

Erlang listává konvertálás egy C++ vektorból.

convertTheType

típus számot konvertálja string-gé: "newton", "hermite", "lagrange".

static ErlNifFunc nif_funcs

Felsorolja milyen függvényeket importálunk az Erlang-ba.

Calculator/calculator.erl fájl tartalmazza az alábbi függvényeket:

calculator:init()

`erlang:load_nif` segítségével betölti a lefordított c++ fájlt.

calculator:calculate(_X, _Y, _Type, _Inverz)

Erre a függvényre lesz ráfordítva a C++-os függvény.

calculator:calculateByData(DataSetElement)

A bejövő paraméterből kinyeri a pontokat és a típust, majd meghívja a számító függvényt.

3.7. Tesztelési terv

A felület manuális teszteléssel lett kipróbálva, automatizált tesztesetek nem lesznek.

3.7.1. Kalkulátor tesztelés

Ebben a részben a cpp-ben írt tesztesetekről lesz szó.
A tesztelést folyamatosan végeztem a minta adatok alapján. A függvények implementálása közben ezekre a minta adatokra meghívtam, majd ezekkel számoltam. A teszteléshez a logTest.cpp fájlban található függvényeket alkalmaztam.
A fájlban a javítást segítő kiíratő függvények, integrációs teszt esetek, valamint manuális, felület nélküli számítást végző tesztesetek vannak.
Ezeket a teszteket nagyrészt kiváltották a szerveren futó tesztek, így fejlesztésük abba maradt, előfordulhat hogy a tesztek elavultak.

bool testAll()

Minden teszt lefuttatása. Ha minden teszt jól futott le akkor "true" értékkel tér vissza.

void testInterpolation(bool logPoly = false)
Interpolációs teszteket futtat. Mindegyik teszt egy egyszerű interpolációt vesz alapul, és a számítás eredményét ellenőrzi.

bool testMainInterpolation(bool logPoly = false)
Fő függvény tesztje. Elsősorban a feltétel átmeneteket teszteli, és azt hogy valóban számol-e ezen keresztül interpolációt.

bool testNewton(bool logPoly = false)
Newton számítás tesztje.

bool testLagrange(bool logPoly = false)
Lagrange interpoláció tesztje.

void testPolynomial()
Interpolációs mátrix tesztje.

void testMatrixInterpolation()
Manuális mátrix számítás függvénye.

void testManualInterpolation()
Manuális interpoláció számítás függvénye.

testManualPolynomial()
Manuális polinom összeadás és szorzás függvénye.

void genXSquaredPoints(DArray &X, DMatrix &Y)
generál egy minta X,Y ponthalmazt az x^2 pontjaiból. testMatrixInterpolation Segédfüggvénye feltölti az x^2 pontjaival.

3.7.2. Komponens és integrációs tesztelés

Főként az elosztást és a párhuzamosítást, valamint a szerveren lévő adatfeldolgozást teszteltem ilyen formában. Ezekkel a tesztesetekkel ellenőriztem a szerver és a számítás helyességét, és a szerver futást, miközben fejlesztettem.
Ezeket a teszteket érdemes lefuttatni, amikor a szervert konfiguráljuk. A szerveren lévő komponensek és azok egymással való kommunikációja fut le ilyenkor. Ha a teszten átmennek, akkor nagy valószínűséggel a szerveren már nem lehet probléma.
Viszont ha egy modul rosszul van leforgatva, vagy nincs betöltve, a tesztek hibát jeleznek. Ha a szerveren vagy gépen nem sikerült a tesztek lefutása, nem lehetséges a számítás elvégzése. Ennek oka valamelyik modul rosszul való betöltése, vagy az Erlang, GCC verziója nem megfelelő a számításokhoz.
Az átfogó tesztelés a ServerConfig/test.erl fájlban található.

test:fork

Teszt futtatása a fork-nak ez a teszteset az párhuzamosítás miatt volt fontos. Viszont egy másik teszt átvette a helyét.
Ha mégis szükség lenne az általános párhuzamosítás tesztelésére, ezt kellene továbbfejleszteni.

test:runCheck, run

Futtatást kezelő függvények. Lefuttatják azokat a teszteket amiket a ServerConfig/main.erl-ből már el lehet indítani. A main-ben található függvény tesztelésére a test:simulateDistribute függvényt használjuk, amit a bin/run.erl-ben lévő teszt futtat.

test:simulateDistributedCalculate

Egy olyan minta adatból, melyet a szerver is küldhet, elvégzi a számítást és ellenőrzi az eredményt.
Ha megadjuk neki a node-figyelő pid-jét akkor elosztott számítást is teszteli, és a node-figyelővel való kommunikációt.

test:simplifyPolinomialTest

Ellenőrzi a struktúra kezelőben megvalósított polinom egyszerűsítést.

test:convertMochiElements

structHandler: getTableData és getElementByKey tesztelésére írt függvény.

test:getResultTest

Eredmény konvertálásának tesztje. Szimulál egy processzektől visszakapható eredményt, majd ezt átalakítja a küldéshez megfelelő formátummá.

test:getParseJSONParams

Json string-ből a számításhoz szükséges minden paraméter kinyerésének tesztelése (structHandler teszt).

test:convertStruct

structHandler függvényeinek tesztje: getNewPointStruct, appendNewPointStruct, convertPoints.

test:simulateFirstParseAndRun

Kibontja az első elemet a mintából, és számítás után ellenőrzi az eredmény helyességét.
Ez a teszt a számítást és az adat konvertálást teszteli, a párhuzamosítást/elosztást nem.

test:getFirstElementOfDataSet

Visszaadja a minta adatok első elemét.

test:getJSONString

Egy minta adathalmazt ad vissza (json string) ami jöhet a felületről.

test:getResultTestHelper

Számítási eredményekből és az elvárt eredményből a tesztelés eredményt állítja elő.

3.7.3. Manuális tesztelés

Elsősorban a felület átfogó tesztelését végeztem ilyen módon, de a szerverrel való kommunikációnál és az elosztásnál is előkerültek ilyen módon hibák.
Az alábbi táblázatban felsoroltam a hibákat, melyek feltűntek a tesztelés során.

Hiba	Javítva	Info
Nem jó pontosság esetén nem jelenik meg a polinom	igen	**Előidézés** : beírsz betűket a pontossághoz
Egy interpoláció adatbetöltési hibák	nem	Egy interpoláció tulajdonságainak betöltésénél nem állítja be az interpoláció típust és azt hogy inverz-e. Nem jelenítjük meg a polinomokat sem bármilyen egyéb formában.
Eredmény betöltésnél előfordul hogy a pontosság undefined	nem	**Előidézés?**: Minta adatban fordul csak elő, de ha onnan is betöltődhet akkor máshonnan is, amikor betölti az adatokat le kellene ezt kezelni.
Amikor pontot adunk hozzá nem frissül	nem	**Előidézés?**: Pont hozzáadása gomb esetén nem mentődnek el a háttérben az adatok
Hermite inverz nincs implementálva, és mégis beállítható a felületen.	nem	El tudjuk küldeni az oldalról úgy az adatokat hogy Hermite interpolációnál is állítható az inverz, közben a szerver nem inverz interpolációt fog számolni.

Hiba	Javítva	Info
Apache/2.2.22 verziónál a szerver nem működik.	igen	`[Sat May 09 17:20:18 2015]` `[crit] [client 192.168.1.153]` `configuration error: couldn't perform authentication. AuthType not set!: /` Server version: Apache/2.2.22 (Debian) Server built: Jan 10 2015 15:33:51 **Megoldás**: a régebbi verzió nem tudja kezelni a `"Require all granted"` kulcsszót.
Node Lista lekérdezésnél valamikor végtelen ciklusba fut a lekérdezés.	igen	**Hiba**: Hiba: túl sokszor küldjük el ugyanazt az üzenetet, és kapunk vissza rossz választ, kéne bele egy időkorlát is, a várakozásra. Másik hiba pedig hogy így egy régebbi üzenet lekezelése is megtörténhetett, így nem a legfrissebb node listát kaptuk meg. **Megoldás**: Csak egyszer küldjük el, és ha rossz válasz érkezik, akkor tovább figyelünk.
Szerver hiba bizonyos mennyiségű adatküldése felett	nem	**Előidézés**: 9-nél több egyszerű adat felküldése, minta nagy adatból 4db felett. A szerver egybe küldi az értékeket, a httpServer modul már nem kapja meg a végét. Nem küldi 2 részletben, ezt kizártuk.
Erlang run:teszt és telepítés hiba a szerveren erlang 5.9.1 es verziónál	nem	**Telepítő futtatási hiba**: `escript: Internal error: badarg` `"init terminating in do_boot"` `{badarg,[{io,format,[<0.29.0>," p",` `[[{io_lib,format ...` **Teszt futtatásánál hiba**: `exception error: no case clause matching «127,248,0,0,0,0,0,0» in function io_lib_format:mantissa_exponent1 (io_lib_format.erl, line 374)`

Hiba	Javítva	Info
Erlang: elosztási hiba	nem	Előfordul hogy a szerver elküldi a számító node-nak az adatot, az ki is számolja, viszont az eredmény nem érkezik vissza. A hiba elég véletlenszerűnek tűnik. Többször is elő tudtam igézni, majd amikor létrehoztam teljesen új elosztott rendszert egy vagy két gépen akkor már nem jelentkezett a hiba.
Ha kilép egy node, akkor elszáll a számítás	nem	**Ötletek**: Node-ok kivételére is kellene opció,vagy kezelni kellene az elszálló node-okat. Mielőtt elkezdjük a számítást, mindegyik node-ot ellenőrizzük, amelyik nem létezik már azt kivesszük a listából. Ha számítás közben hal meg: Bizonyos időközönként szintén küldünk egy ping-et az adott szervernek hogy létezik-e még. Ha meghalt a node akkor hibával tér vissza az adott számítás a kliensnek.

3.8. Összefoglaló

A kliens, mint weboldal egy komplex adathalmazt állít elő, nem csak a számítás, de a megjelenítés szempontjából is. Az adatok betöltődnek és elmentődnek, dinamikusan változnak az egyes pontokban. Rengeteg saját kézzel is szerkeszthető elemmel táblázattal van tele a program. A grafikon kirajzolása mások által írt és ledokumentált program használata szintén egy érdekes és komplex feladat, kutatni kellett a megfelelő paraméterezéseket, és implementálni kellett egy segéd objektumot a használatára.
Emellett a szerver kommunikációt is meg kellett valósítani, mind a kliens, mind a szerver oldaláról.
Az Erlang dokumentációja és segédanyagai nem mindig voltak elegendőek, a hiba javítása igen nehézkes és lassú volt, viszont a szerver kommunikáció és az párhuzamosítás megvalósítása után az elosztási rész egy szépen ledokumentált minta anyag segítségével könnyen használható volt.
Az Erlang szerver kiépítése, és tesztelése még a szép minta programokkal sem volt annyira egyszerű, a problémái apache szerverrel lettek megoldva, amely még egy újabb feladat volt.
A számítás implementálása után, a szerverrel való össze kötése is egy kutató munka volt, és szerencsére az Erlang adott lehetőséget a C++-os modulok beépítésére, viszont ezzel is sok feladat adódott, mivel az adatokat át kellett konvertálni oda-vissza.
A probléma megoldásának egy igen komplex megvalósítása lett az eredmény, mely rengeteg kutatómunkát és fejlesztést tartalmaz.

Irodalomjegyzék

[1] Gergó Lajos: Numerikus Módszerek, ELTE EÖTVÖS KIADÓ, 2010, [329], ISBN 978 963 312 034 7

[2] http://www.erlang.org/doc/man/erl_nif.html 2015

[3] http://stackoverflow.com/questions/2206933/how-to-write-a-simple-webserver-in-erlang 2015

[4] http://erlang.org/doc/man/gen_tcp.html 2015

[5] https://www.sharelatex.com/learn/Sections_and_chapters 2015

[6] http://tex.stackexchange.com/questions/137055/lstlisting-syntax-highlighting-for-c-like-in-editor 2015