

OPERATING SYSTEMS EXERCISE 3

Aufgabenstellung – tictactoe

Um sich die Zeit während besonders langweiliger Vorlesungen bestmöglich zu vertreiben, beschließen Sie eine einfache Tic-Tac-Toe-Implementierung mit „künstlicher Intelligenz“ zu schreiben. Die Regeln des Spiels bedürfen wohl keiner weiteren Erklärung (diejenigen, die es nicht kennen, mögen einen Blick auf http://de.wikipedia.org/wiki/Tic_Tac_Toe werfen). Das Augenmerk sollte auf den Einsatz von Interprozesskommunikation, in dem Fall mittels Shared Memory und Synchronisation mittels Semaphoren, gelegt werden. Es sind also zwei Programme, *Server* und *Client*, zu programmieren.

Die gesamte Spiellogik (und der einfache CPU-Gegner) sollen dabei auf Seite des Serverprozesses implementiert werden – der Client bietet dem Benutzer nur ein praktisches Interface an und muss lediglich das Setzen von Symbolen auf bereits belegte Felder verbieten; um die Gewinnchancen etwas zu erhöhen, bietet er auch die Möglichkeit, gleich zwei Symbole auf einmal zu platzieren (wovon aber beide Plätze wieder frei sein müssen). Der Server sollte diesen Betrug natürlich feststellen und dies unmittelbar als verloren für den Client werten! Die Cheat-Erkennung kann auf Wunsch auch mit der Option `-c` deaktiviert werden.

SYNOPSIS

```
ttt-server [-c]
ttt-client
```

Details

Server-Prozess

Die Aufgaben des Servers nochmal zusammengefasst:

- Shared Memory und Semaphoren anlegen (und am Ende wieder freigeben!)
- nach jedem Zug des Clients mittels einer lokalen Kopie des Spielfelds aufs Schummeln überprüfen (wenn dieser Modus nicht deaktiviert wurde!)
- selbst ein Symbol an eine zufällige freie Position legen – jedes der freien Felder soll dabei mit der selben Wahrscheinlichkeit gewählt werden!
- auf Sieg/Verlust/Unentschieden prüfen und dies gegebenenfalls dem Client mitteilen

Der Server läuft in einer Endlosschleife und lässt sich lediglich per `Ctrl+C` (*SIGINT*) beenden. Achten Sie darauf, dass in diesem Fall alle angelegten Ressourcen ordnungsgemäß wieder freigegeben werden!

Client-Prozess

Der Client soll beim Starten zunächst versuchen, sich zum Server zu verbinden (*verbinden* heißt in dem Fall einfach zu überprüfen, ob die das Shared Memory und die Semaphore, die der Server anlegen sollte, schon existieren – falls sie nicht existieren, wird mit einer aussagekräftigen Fehlermeldung abgebrochen). Bei erfolgreichem Verbindungsaufbau wird das aktuelle Spielfeld angezeigt sowie eine Begrüßungsnachricht ausgegeben, mit dem Hinweis, dass mit dem Befehl `h` weitere Hilfe zur Steuerung angefordert werden kann.

Dem Spieler stehen folgende Befehle zur Verfügung:

- **s** – Spielfeld anzeigen (dies wird außerdem nach jedem Zug automatisch gemacht)
- **p** <xy> – Symbol platzieren auf Position xy ($x, y \in \{1, 2, 3\}$ – wobei (1,1) die Ecke links oben bezeichnet)
- **c** <xy> <xy> – zwei Symbole platzieren (Cheat-Modus)
- **n** – Neues Spiel starten
- **q** – Spiel/Client beenden (aktueller Spielstand bleibt weiterhin bestehen; der Client kann nach erneutem Aufruf das alte Spiel fortsetzen)

Falls ein nicht existierender Befehl eingegeben wurde, sollte eine entsprechende Fehlermeldung ausgegeben und zusätzlich nochmal die Liste aller möglichen Kommandos angezeigt werden. Falls der Befehl existiert, aber falsch verwendet wurde (z.B. **p** 45 oder **c** 13), sollte der Benutzer auch auf den Fehler aufmerksam gemacht werden (z.B. *Error: field coordinates out of bounds!*).

Beim Empfang eines besonderen Ereignisses vom Server (Gewinn, Verlust, Verlust wegen Schummeln etc.) soll eine entsprechende Nachricht ausgegeben und nach einem Tastendruck fortgesetzt werden. Der erste Zug pro Spiel soll immer vom Client ausgeführt werden.

Hinweise

Um eine Kommunikation zwischen Server und Client abseits des Spielfelds zu ermöglichen (der Server muss den Client z.B. benachrichtigen, falls er verloren oder gewonnen hat), ist es ratsam, außer dem Array noch eine Variable im Shared Memory zu definieren, um Statusnachrichten auszutauschen. Dafür sind **structs** ganz nützlich.

Coding Rules and Guidelines

Your score depends upon the compliance of your submission to the presented guidelines and rules. Violations result in deductions of points. Hence, before submitting your solution, go through the following list and check if your program complies.

Rules

Compliance with these rules is essential to get any points for your submission. A violation of any of the following rules results in 0 points for your submission.

1. All source files of your program(s) must compile via

```
$ gcc -std=c99 -pedantic -Wall -D_DEFAULT_SOURCE -D_BSD_SOURCE -D_SVID_SOURCE  
-D_POSIX_C_SOURCE=200809L -g -c filename.c
```

without *errors* and your program(s) must link without *errors*. The compilation flags must be used in the Makefile. The feature test macros must not be bypassed (i.e., by undefining these macros or adding some in the C source code).

2. The functionality of the program(s) must conform to the assignment. The program(s) shall operate according to the specification/assignment given the test cases in the respective assignment.

General Guidelines

Violation of following guidelines leads to a deduction of points.

1. All source files of your program(s) must compile with

```
$ gcc -std=c99 -pedantic -Wall -D_DEFAULT_SOURCE -D_BSD_SOURCE -D_SVID_SOURCE  
-D_POSIX_C_SOURCE=200809L -g -c filename.c
```

without *warnings and info messages* and your program(s) must link without warnings.

2. There must be a Makefile implementing the targets: **all** to build the program(s) (i.e. generate executables) from the sources (this must be the first target in the Makefile); **clean** to delete all files that can be built from your sources with the Makefile.
3. The program shall operate according to the specification/assignment without major issues (e.g., segmentation fault, memory corruption).
4. Arguments have to be parsed according to UNIX conventions (we strongly encourage the use of **getopt(3)**). The program has to conform to the given synopsis/usage in the assignment. If the synopsis is violated (e.g., unspecified options or too many arguments), the program has to terminate with the usage message containing the program name and the correct calling syntax. Argument handling should also be implemented for programs without arguments.
5. Correct (=normal) termination, including a cleanup of resources.
6. Upon success the program has to terminate with exit code 0, in case of errors with an exit code greater than 0. We recommend to use the macros **EXIT_SUCCESS** and **EXIT_FAILURE** (defined in **stdlib.h**) to enable portability of the program.
7. If a function indicates an error with its return value, it *should* be checked in general. If the subsequent code depends on the successful execution of a function (e.g. resource allocation), then the return value *must* be checked.

8. Functions that do not take any parameters have to be declared with **void** in the signature, e.g., `int get_random_int(void);`.
9. Procedures (i.e., functions that do not return a value) have to be declared as **void**.
10. Error messages shall be written to **stderr** and should contain the program name **argv[0]**.
11. It is forbidden to use the functions: **gets**, **scanf**, **fscanf**, **atoi** and **atol** to avoid crashes due to invalid inputs.

FORBIDDEN	USE INSTEAD
<code>gets</code>	<code>fgets</code>
<code>scanf</code>	<code>fgets</code> , <code>sscanf</code>
<code>fscanf</code>	<code>fgets</code> , <code>sscanf</code>
<code>atoi</code>	<code>strtol</code>
<code>atol</code>	<code>strtol</code>

12. Documentation is mandatory. Format the documentation in Doxygen style (see Wiki and Doxygen's intro).
13. Write meaningful comments. For example, meaningful comments describe the algorithm, or why a particular solution has been chosen, if there seems to be an easier solution at a first glance. Avoid comments that just repeat the code itself (e.g., `i = i + 1; /* i is incremented by one */`).
14. The documentation of a module must include: name of the module, name and student id of the author (**@author** tag), purpose of the module (**@brief**, **@details** tags) and creation date of the module (**@date** tag).
Also the Makefile has to include a header, with author and program name at least.
15. Each function shall be documented either before the declaration or the implementation. It should include purpose (**@brief**, **@details** tags), description of parameters and return value (**@param**, **@return** tags) and description of global variables the function uses (**@details** tag).
You should also document **static** functions (see **EXTRACT_STATIC** in the file **Doxyfile**). Document visible/exported functions in the header file and local (**static**) functions in the C file. Document variables, constants and types (especially **structs**) too.
16. Documentation, names of variables and constants shall be in English.
17. Internal functions shall be marked with the **static** qualifier and are not allowed to be exported (e.g., in a header file). Only functions that are used by other modules shall be declared in the header file.
18. All exercises shall be solved with functions of the C standard library. If a required function is not available in the standard library, you can use other (external) functions too. Avoid reinventing the wheel (e.g., re-implementation of **strcmp**).
19. Name of constants shall be written in upper case, names of variables in lower case (maybe with first letter capital).
20. Use meaningful variable and constant names (e.g., also semaphores and shared memories).
21. Avoid using global variables as far as possible.
22. All boundaries shall be defined as constants (macros). Avoid arbitrary boundaries. If boundaries are necessary, treat its crossing.
23. Avoid side effects with **&&** and **||**, e.g., write `if (b != 0) c = a/b;` instead of `if (b != 0 && c = a/b).`

24. Each **switch** block must contain a **default** case. If the case is not reachable, write **assert(0)** to this case (defensive programming).
25. Logical values shall be treated with logical operators, numerical values with arithmetic operators (e.g., test 2 strings for equality by `strcmp(...) == 0` instead of `!strcmp(...)`).
26. Indent your source code consistently (there are tools for that purpose, e.g., **indent**).
27. Avoid tricky arithmetic statements. Programs are written once, but read more times. Your program is not better if it is shorter!
28. For all I/O operations (read/write from/to **stdin**, **stdout**, files, sockets, pipes, etc.) use *either* standard I/O functions (**fdopen(3)**, **fopen(3)**, **fgets(3)**, etc.) *or* POSIX functions (**open(2)**, **read(2)**, **write(2)**, etc.). Remember, standard I/O functions are buffered. Mixing standard I/O functions and POSIX functions to access a common file descriptor can lead to undefined behaviour and is therefore forbidden.
29. If asked in the assignment, you must implement signal handling (**SIGINT**, **SIGTERM**). You must only use *async-signal-safe* functions in your signal handlers.
30. Close files, free dynamically allocated memory, and remove resources after usage.
31. Don't waste resources due to inconvenient programming. Header files shall not include implementation parts (exception: macros).

Exercise 3 Guidelines

Violation of following guidelines leads to a deduction of points in exercise 3.

1. It is forbidden to use the deprecated functions **gethostbyname**, **gethostbyaddr**, **gethostbyname2**, **gethostbyname_r**, **gethostbyname2_r** or any other function of that family documented on the man page **gethostbyname(3)**. Use **getaddrinfo(3)** instead.