.UBAfiuba
FACULTAD DE INGENIERÍA

Técnicas de Programación Concurrente I

Programación Asincrónica

Ing. Pablo A. Deymonnaz
pdeymon@fi.uba.ar

Facultad de Ingeniería
Universidad de Buenos Aires

Problema del uso de threads

Si una aplicación va creando muchos threads, cada uno puede tener 100kb de stack.
Puede ser un problema la demanda de memoria.

Los threads de rust son una abstracción de los threads del SO, y son manejados por su scheduler

Tareas asincrónicas de Rust

- Se puede usar **Tareas asincrónicas de Rust** para intercalar tareas en un único thread o en un pool de threads.
- Son mucho más livianas que los threads.
- Más rápidas de crear, más eficiente de pasarle el control a ellas.
- Menor overhead de memoria.

$\rightarrow$ se puede tener miles o decenas de miles en un programa.
El código asincrónico luce como el de thdreas, salvo que las operaciones que bloquean, se manejan diferente.

Tareas asincrónicas de Rust (cont.)

Ejemplo versión sincrónica:

```
use std::{net, thread};
let listener = net::TcpListener::bind(address)?;

for socket_result in listener.incoming() {
  let socket = socket_result?;
  let groups = chat_group_table.clone();
  thread::spawn(|| {
    log_error(serve(socket, groups));
  });
}
```

Tareas asincrónicas de Rust (cont.)

Ejemplo versión **asincrónica**:

```
use async_std::{net, task};
let listener = net::TcpListener::bind(address).await?;

let mut new_connections = listener.incoming();
while let Some(socket_result) = new_connections.next().await
  let socket = socket_result?;
  let groups = chat_group_table.clone();
  task::spawn(async {
    log_error(serve(socket, groups).await);
  });
}
}
```

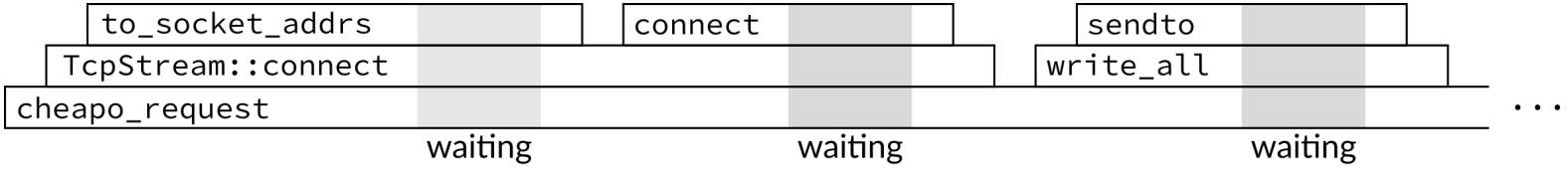
Conceptos de programación asincrónica

- *futures*
- fucniones asincrónicas
- expresiones *await*
- tareas (*tasks*)
- executors: *block_on* y *spawn_local*
- tipo *Pin*

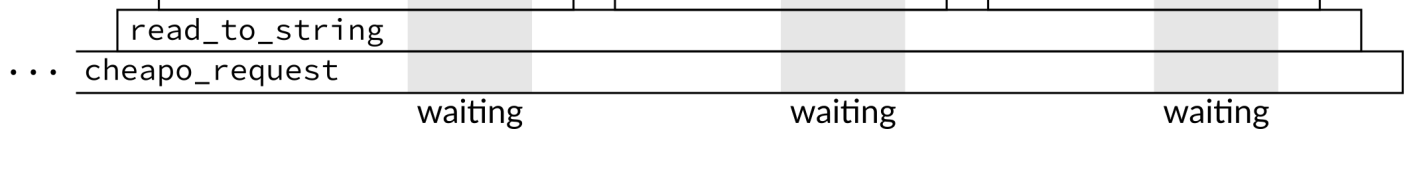
Ejemplo sincrónico

```
use std::io::prelude::*;
use std::net;

fn cheapo_request(host: &str, port: u16, path: &str)
-> std::io::Result<String>
{
  let mut socket = net::TcpStream::connect((host, port))?;
  let request =
   format!("GET {} HTTP/1.1\r\nHost: {}\r\n\r\n", path, host
  socket.write_all(request.as_bytes())?;
  socket.shutdown(net::Shutdown::Write)?;

  let mut response = String::new();
  socket.read_to_string(&mut response)?;
  Ok(response)
}
```

Ejecución de las funciones en el tiempo



(continued from above)



La mayor parte del tiempo, el thread principal está bloqueado a la espera de system calls.
Para evitar esto, un thread debe poder tomar otras tareas mientras espera que la system call se complete.

Futures

Rust introduce el trait *std::future::Future*:

```
trait Future {
  type Output;
  // por ahora, interpretar ‘Pin<&mut Self>‘
  // como ‘&mut Self‘.
  fn poll(self: Pin<&mut Self>, cx: &mut Context<’_>)
  -> Poll<Self::Output>;
}

enum Poll<T> {
  Ready(T),
  Pending,
}
```

Futures (cont.)

- Representa una operación sobre la que se puede testear si se completó.
- El método *poll* nunca bloquea.
- Si la operación se completó, retorna: *Poll::Ready(output)* (*output* es el resultado final de la operación).
- Si no se completó, retorna *Pending*.
- Modelo **piñata** de la programación asincrónica: lo único que se puede hacer con un future es golpearlo con poll hasta que caiga el valor.
- SO proveen system calls como interfaz para hacer poll.

Futures (cont.)

Versión sincrónica:

```
fn read_to_string(&mut self, buf: &mut String)
  -> std::io::Result<usize>;
```

Versión asincrónica:

```
fn read_to_string(&mut self, buf: &mut String)
  -> impl Future<Output = Result<usize>>;
```

Futures (cont.)

- Cada vez que es polleado, avanza todo lo que puede.
- El Future almacena lo necesario para realizar el pedido hecho por la invocación.
- Crate **async-std**: Provee versiones async de las facilidades de I/O de la std (incluyendo un trait Read asincrónico).

Futures (cont.)

Performance:

- La arquitectura async de Rust está diseñada para ser eficiente.
- Se llama a poll solamente cuando vale la pena (algo debe retornar *Ready*, o progresar al objetivo).

Funciones Async y Expresiones Await

```
use async_std::io::prelude::*;
use async_std::net;

async fn cheapo_request(host: &str, port: u16, path: &str)
  -> std::io::Result<String>
{
  let mut socket =
    net::TcpStream::connect((host, port)).await?;
  let request =
    format!("GET {} HTTP/1.1\r\nHost: {}\r\n\r\n", path, hos
  socket.write_all(request.as_bytes()).await?;
  socket.shutdown(net::Shutdown::Write)?;
  let mut response = String::new();
  socket.read_to_string(&mut response).await?;
  Ok(response)
}
```

Funciones Async y Expresiones Await

- Invocar una función *async* retorna inmediatamente, antes de que comience a ejecutarse el cuerpo de la función.
- Se obtiene un *Future* del valor, que contiene todo lo necesario para que la función pueda ejecutarse (argumentos, espacio para variables locales, etc).
- El tipo específico es generado al momento de compilar.
- Al ejecutar poll por primera vez sobre el retorno, se ejecuta el cuerpo de la función hasta el primer await.
- Si no se completó, retorna *Pending* y toda la función devuelve ese valor/estado.
- La expresión await toma ownership del future y hace el poll.
- Si está *Ready*, el valor final del future es el valor devuelto en la expresión await, y continúa.
- Caso contrario, retorna *Pending* a su funcón que lo invocó.

Funciones Async y Expresiones Await

- La siguiente invocación a poll sobre la función cheapo_request, continuará desde el punto donde estaba el future connect.
- El Future alacena el punto donde debe retomarse en el siguiente poll y el estado local.
- Las expresiones await tienen la capacidad de continuar, se pueden usar solamente en funciones sync.

block_on

La función async retorna un Future, alguien debe esperar por el valor.

```
fn main() -> std::io::Result<()> {
  use async_std::task;

  let response =
    task::block_on(cheapo_request("example.com",80,"/"))?;
  println!("{}", response);
  Ok(())
}
```

block_on

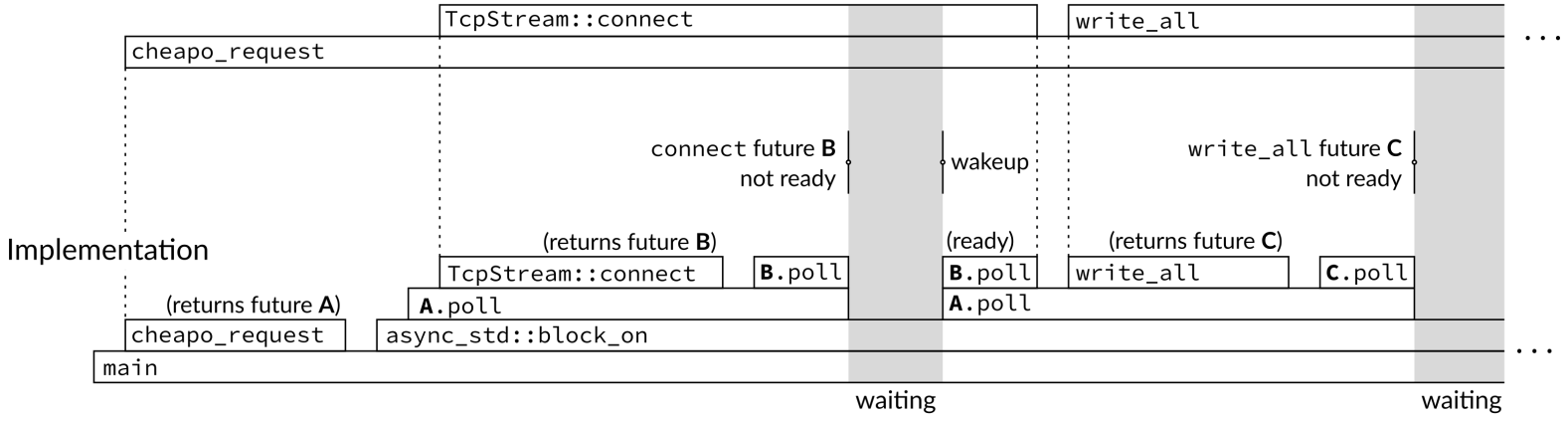
- **block_on** es una función sincrónica que produce el valor final de la función asincrónica.
- Es un adaptador del mundo asincrónico al sincrónico.
- No debe usarse en una función async (bloquea a todo el thread).
- block_on conoce cuánto hacer sleep hasta hacer poll de nuevo.

Concurrencia Colaborativa. El block on duerme el thread hasta que se tenga que hacer el poll nuevamente.

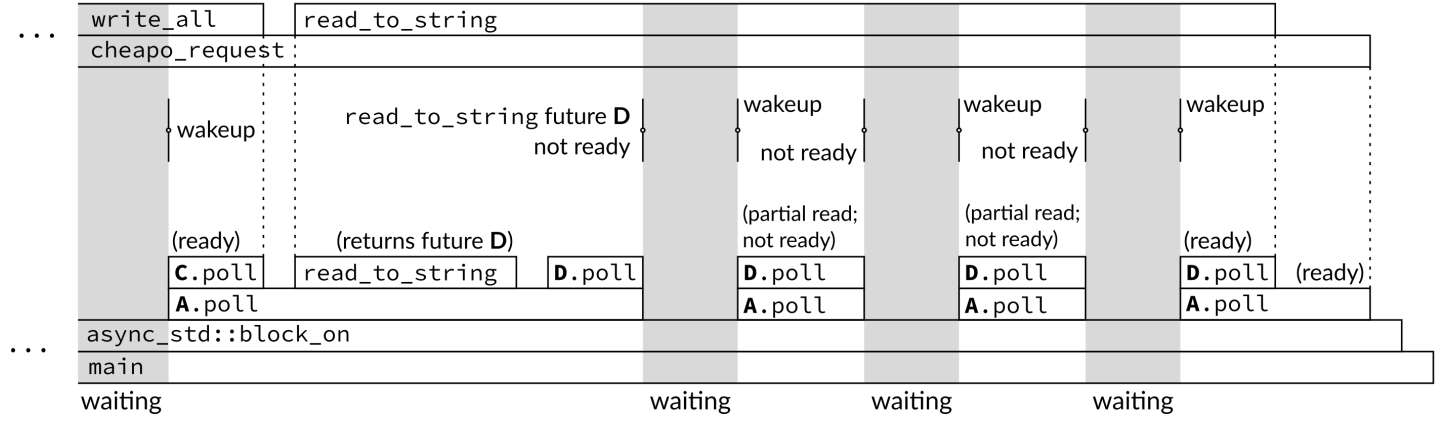
block_on

DIAGRAMA DE TIEMPO

Simplified view



(continued from above)



Crear tareas async

- **async_std::task::spawn_local** recibe un future y lo agrega a un pool que realizará polling en el block_on (soportado solamente en *unstable* del crate). Es análogo a spawn de thread.
- Los lifetimes de las variables deben ser static, porque debe poder ejecutarse hasta el final del programa.
- Todas las ejecuciones pueden realizarse en un único thread. Una llamada asincrónica ofrece la apariencia de una única llamada a función que se ejecuta hasta que se completa. Pero es realizada por una serie de llamadas sincrónicas al método poll, que retorna rápidamente, hasta que se completa.

Crear tareas async

- El cambio de una tarea a otra ocurre solamente en las expresiones **await** $\rightarrow$ un cómputo grande en una función no daría lugar a la ejecución de otras tareas (diferencia con threads).
- Existe **async_std::task::spawn**: crea la tarea y la coloca en el pool de threads dedicado a hacer poll de los futures.
- No necesita ejecutar block_on para que sea polleada.

Cómputos de larga ejecución

- **async_std::task::yield_now** favorece el paralelismo. Retorna un future para pasar el control a otra tarea.
- Se usa: *async_std::task::yield_now().await;*
- La primera vez que se hace poll, retorna Pending, la siguiente vez retorna Ready(()).
- **async_std::task::spawn_blocking:** coloca la tarea en otro thread del SO (para realizar un cómputo pesado), dedicado a tareas bloqueantes.

Cuándo usar código Async en Rust

- Las tareas asincrónicas usan menos memoria. Los threads de Linux pueden usar desde 20 kb de memoria.
- Las tareas asincrónicas se crean más rápido. En Linux, threads 15µs, tareas 300 ns.
- Los cambios de contexto son más rápidos con tareas asincrónicas que con threads.

Bibliografía

- **Programming Rust: Fast, Safe Systems Development**, 2nd Edition, Jim Blandy, Jason Orendorff, Leonora F. S. Tindall. 2021.