

به نام خدا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)



عنوان:

پروژه توسعه ای درس سیستم های توزیع شده  
(استفاده از گوشی های هوشمند به صورت هماهنگ برای پخش صدا و ویدیو)

استاد درس:

دکتر کلباسی

زهرا اخلاقی

نیمسال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۲

## فهرست

2	چکیده
3	فصل اول
3	مقدمه
3	۱-۱ پیشگفتار
3	۲-۱ توزیع شدگی سیستم
3	۳-۱ معرفی سبک های متداول معماری
5	۴-۱ پروتکل های جریان داده
6	۵-۱ پروتکل های زمانبندی
9	۶-۱ همگام سازی مجدد
10	۷-۱ قابلیت های تلفن همراه
11	۸-۱ بافرینگ
12	فصل دوم
12	همگام سازی صدا میان حداکثر ۱۰ کاربر
12	۱-۲ نیازمندی ها
13	۲-۲ راه حل اول (کلاینت-سرور)
16	۳-۲ راه حل دوم (سلسله مراتبی)
20	۴-۲ مقایسه دو راه حل
22	فصل سوم
22	همگام سازی صدا در استادیوم آزادی
22	۱-۳ نیازمندی ها
23	۲-۳ راه حل پیشنهادی
27	فصل چهارم
27	پخش هماهنگ تصویر و یا فایل ویدیویی

27	۱-۴ نیازمندی ها
28	۲-۴ راه حل
31	منابع

## چکیده

در این پروژه هدف تحلیل و طراحی یک سامانه همگام سازی تلفن های همراه برای پخش همزمان صدا و ویدیو میباشد، در این سامانه گوشی های هوشمند تمام حاضرین را به صورت هماهنگ استفاده میکنیم.

قسمت اول پروتکل و نیازمندی های سیستم را بررسی میکنیم، در قسمت دوم راه حلی برای پخش فایل صوتی را از تمام گوشی ها به صورت هماهنگ بیان می کنیم به طوری که منجر به تقویت صدا شده و برای همه به صورت واضح شنیده شود و در قسمت سوم سیستم را باید به نحوی گسترش بدهیم که در یک استادیوم قابل استفاده باشد و در قسمت چهارم با کنار هم قرار دادن تلفن های همراه نمایشگر بزرگ تری ایجاد میکنیم.

# فصل اول

## مقدمه

### ۱-۱ پیشگفتار

هدف از این فصل تحلیل نیازمندی ها و آشنایی بیشتر با مفاهیم مورد نیاز برای تحلیل و طراحی این پروژه میباشد.

### ۲-۱ توزیع شدگی سیستم

سیستم های از نوع توزیع شده محدودیت هایی را در سطوح مختلف به سیستم تحمیل میکنند. بهتر است ابتدا اهداف عمده سیستم های توزیعی که باید در ادامه آنها را برآورده سازیم مدنظر قرار دهیم. به طور کلی ۴ هدف عمده سیستم های توزیعی عبارتند از:

1. در اختیار قرار دادن مجموعه ای از منابع در دسترس دیگران
  2. برقراری شفافیت توزیع به جهت پنهان سازی پیچیدگی های سیستم از دید کاربران نهایی
  3. باز بودن - بدین معنا که سیستم بتواند به راحتی با سیستم های دیگر در ارتباط باشد.
  4. مقیاس پذیری
- با توجه به اهداف سیستم مورد نظر، از انواع مختلف شفافیت، ۳ شفافیت زیر در این سیستم اهمیت بیشتری دارند که باید در طراحی مدنظر قرار داده شوند:

1. شفافیت دسترسی
2. شفافیت تکثیر
3. شفافیت شکست

### ۳-۱ معرفی سبک های متداول معماری

در این قسمت سبک های متداول معماری که قابلیت استفاده دارند و مزایا و معایب هر کدام بررسی میشود.

## • Client-Server Architecture

این سبک معماری سیستم های توزیع شده ای را توصیف میکند که شامل سیستم جداگانه کلاینت و سرور و یک شبکه ارتباطی می باشد. ساده ترین فرم آن شامل یک اپلیکیشن سرور است که مستقیماً چند کلاینت به آن دسترسی دارند و از آن به عنوان معماری Tier-2 نیز یاد میشود.

در این معماری کلاینت ها، یک یا چند درخواست ارسال میکنند و منتظر پاسخ میمانند و پاسخ ها را هنگام دریافت پردازش میکنند و سرور نیز به کاربر مجوز داده و پردازشی که برای تولید نتیجه لازم است را انجام میدهد. سرور ممکن است برای تبادل پیام ها با کلاینت از فرمت و پروتکل خاصی استفاده کند.

از مزایای این معماری میتوان به امنیت بالا (ذخیره سازی همه داده ها در سرور)، سادگی نگهداری (توزیع نقش ها و مسئولیت های یک سیستم محاسباتی میان چندین سرور)، دسترسی مرکزی به داده (ذخیره سازی داده ها روی سرور) اشاره کرد.

## • N-Tier Client Server Architecture Style

به منظور پوشش برخی از معایب سبک Tier-2 مطرح شده است. از جمله معایبی که در سبک Tier-2 وجود دارد عبارتند از:

- امکان ترکیب داده های اپلیکیشن و منطق تجارت روی سرور وجود دارد، که تاثیر منفی روی توسعه پذیری و مقیاس پذیری سیستم دارد.

- به علت وابستگی به سرور، تاثیر منفی روی قابلیت اطمینان سیستم خواهد داشت.

معماری N-Tier تفکیک کارکرد به قسمت های گوناگون، را مانند Layered Style توصیف می کنند، با این تفاوت که هر Tier میتواند در کامپیوتر مجزا باشد

این سبک معماری دارای مزایای مقیاس پذیری (tier ها بر مبنای استقرار لایه ها هستند)، قابلیت نگهداری (tier ها مستقل بنابراین تغییر و بروزرسانی بدون اتر گذاری روی کل)، در دسترس بودن (استفاده از قابلیت ماژولار و کامپوننت هایی که به سادگی مقیاس پذیرند) و انعطاف پذیری (tier ها میتوانند مستقل مدیریت شوند) میباشد.

## • peer to peer architecture

سیستم های P2P به پشتیبانی تخصصی زیرساخت شبکه نیاز ندارند. در یک سیستم پخش رسانه P2P، یک یا چند همتای تامین کننده که تمام یا بخشی از رسانه درخواستی را دارند، می توانند داده ها را به همتایان درخواست کننده ارسال کنند و همتاهای درخواست کننده می توانند به همتایان تامین کننده دیگر همتاهای درخواست کننده تبدیل شوند.

از آنجا که هر همتا منابع خود (ذخیره و پهنای باند شبکه) را به اشتراک میگذارد، ظرفیت کل سیستم در مقایسه با معماری کلاینت-سرور به شدت افزایش می یابد. استفاده از رویکرد P2P دارای چالش های زیر میباشد:

- ◀ در شبکه های P2P، همتایان همیشه در سیستم آنلاین نمی مانند. همتایان عرضه کننده ممکن است به طور ناگهانی از کار بیفتند یا شبکه را ترک کنند. در این مورد، همتاهای درخواست کننده باید همتاهای تامین کننده جدیدی را برای جایگزینی همتاهای ناموفق پیدا کنند.
- ◀ برخلاف سرورهای ویدئویی قدرتمند، همتایان ظرفیت پهنای باند محدودی دارند که به طور غیرمنتظره ای در نوسان است و هر همتای عرضه کننده ممکن است فقط بتواند از چند همتای درخواست کننده پشتیبانی کند.

## ۴-۱ پروتکل های جریان داده

در فرآیند پخش رسانه، نیاز است که در ابتدا یک پروتکل مناسب انتخاب شود. دو پروتکل حمل و نقل وجود دارد (TCP, UDP) که امروزه بیشتر در اینترنت استفاده می شود.

TCP با شماره گذاری بسته ها به منظور پردازش آنها به ترتیب صحیح و همچنین ارسال مجدد بسته های گم شده، یک پروتکل قابل اعتماد در تحویل داده ها است [2].

UDP، برخلاف TCP، غیرقابل اعتماد است به این معنا که از شماره گذاری بسته ها پشتیبانی نمی کند و به سادگی یک رویکرد بهترین تلاش را ارائه می دهد (از دست رفتن بسته، به سادگی نادیده گرفته می شود) [3].

TCP در برنامه هایی که تأخیر ناشی از ارسال مجدد قابل قبول، در حالی که فایل خراب به دلیل بسته های از دست رفته قابل تحمل نیست، استفاده میشود [2]. همین امر در مورد استریم محتوای ذخیره شده نیز صدق می کند، جایی که کیفیت ویدیو یا صدا از اهمیت بالاتری نسبت به زمان انتظار

ناشی از بافر کردن، از TCP استفاده میشود ولی استفاده از آن در پخش زنده ممکن است مشکل ساز شود، زیرا استفاده از TCP منجر به تاخیر میشود.

رویکرد دیگر استفاده از UDP و پذیرش کنترل ازدحام و قابلیت اطمینان، با پروتکل هایی که عملکرد یا امکانات بیشتری را فراهم میکنند و باعث انعطاف پذیری بیشتری می شوند، است. یکی از این پروتکل ها می تواند پروتکل حمل و نقل بلادرنگ (RTP) باشد که دارای ویژگی های زیر میباشد:

- تاخیر کم.
  - بسته ها به ترتیب شماره گذاری می شوند و در صورتی که از نظم خارج شوند، برچسب زمانی دارند که اجازه می دهد تا داده های ارسال شده با استفاده از RTP در ارتباطاتی که به هیچ وجه سفارش را تضمین نمی کنند یا حتی تحویل را تضمین نمی کنند، تحویل داده شود [4].
- UDP قادر به بازیابی بسته های گم شده یا خراب نخواهد بود. با این حال، اگر UDP با RTP ترکیب شود، ارسال مجدد بسته های گمشده ممکن است [5]، البته این روش نیاز به یک بافر دارد که مانند TCP منجر به تاخیر میشود، اما جنبه رسیدگی به بسته های از دست رفته با توجه به تاخیر آن قابل قبول است.
- علاوه بر بافرینگ، با مکانیسم موجود در TCP تاخیر بیشتری ایجاد شود، برای مثال بسته هایی با شماره دنباله ای بالاتر از بسته گمشده به لایه های بالایی ارائه نمی شود [2].
- با توجه به اینکه فقط یک پیام باید در زمان پخش شود، گم شدن بسته ها ممکن است تا زمانی که قابل شنیدن باشد مجاز باشد. بنابراین تاخیر باید به صورتی باشد که در اسرع وقت بسته به شنونده برسد.

## ۵-۱ پروتکل های زمانبندی

اولین سوال در این پروژه این است که چه چیزی باعث هم افزایی میان چند جریان صوتی میشود و باعث میشود همزمان به نظر برسند. دو منبع صوتی جداگانه به صورت همگام ظاهر می شوند، یعنی شنونده نمی تواند منابع را متمایز کند، اگر تفاوت در زمان پخش آنها به اندازه کافی کم باشد.

در این مقاله [6]. بررسی شده که چه زمانی صداها به عنوان دو منبع مجزا ظاهر می شوند و چه زمانی به نظر می رسند که ادغام شده اند، بنابراین برای اینکه دو صدای به عنوان یک صدا ظاهر شوند، اختلاف زمان بین آنها نباید از پنج میلی ثانیه بیشتر باشد. در مورد صداها پیچیده تر، به

عنوان مثال گونه ای از موسیقی، محدودیت بسیار بالاتر حدوداً تا 40 میلی ثانیه وجود دارد. البته متغیرهای زیادی بر همگام سازی تأثیر می گذارند، برای مثال کیفیت دستگاه خروجی، محیط اتاق، آکوستیک و دمای محیط.

در زیر تعدادی از پروتکل های زمانبندی معرفی شده است:

#### • Vector clock

ساعت برداری، نظم رویدادها و علیت را در یک سیستم توزیع شده تشخیص می دهد. این ساعت ها یک نمای منسجم علی از سیستم توزیع شده را نشان میدهند و تشخیص می دهند که آیا یک رویداد باعث ایجاد رویداد دیگری در سیستم توزیع شده شده است یا خیر و اساساً تمام روابط علی را در بر می گیرد.

#### • Precision Time Protocol

PTP زمان را در بسته های خود بر حسب ثانیه و نانوثانیه تعریف می کند، که به وضوح تمرکز PTP را بر محیط های با دقت بالا نشان می دهد. اگرچه PTP می تواند در حالت نرم افزار اجرا شود، اما برای دستیابی به بهترین دقت به سخت افزار پشتیبانی شده نیاز دارد. سخت افزار ممکن است شامل دستگاه هایی مانند کنترلرهای رابط شبکه، روترها و سوئیچ ها باشد. ساختار یک سیستم توزیع ساعت PTP مانند NTP یک معماری master-slave است که در آن یک Master زمان را برای تعدادی از Slave ها ارسال میکند. برای دستیابی به همگام سازی با دقت بالا در PTP، زمان بندی سخت افزاری مهم است. با پشتیبانی سخت افزاری، خطاهای تاخیر می توانند در محدوده نانوثانیه باشند، در حالی که در سطح کاربرد در محدوده صد میکروثانیه تا میلی ثانیه است [9].

#### • Network Time Protocol

ساختار اصلی آن به صورت معماری master-slave است که شامل «لایه های» مختلف است. در سلسله مراتب لایه، عدد کمتر به معنای سرور یا ساعت دقیق تر است. در حرکت به سمت پایین سلسله مراتب ساعت ها و سرورها غیر قابل اتکاتر میشوند. رایانه یا سروری که زمان خود را با سرور مرتبه n همگام می کند، خود دارای سطح  $n + 1$  خواهند بود. بنابراین



این عدد نشان می دهد که یک رایانه چقدر از ساعت مرجع فاصله دارد، حد بالایی لایه ها عدد 15 است و لایه 16 نشان دهنده غیرهمگام بودن است [7].

#### • Simple Network Time Protocol

پروتکل SNTP بسیار ساده تر از NTP است، به صورت دوره ای زمان را تنظیم می کند و دقت کمتری به دست می آورد. محتویات بسته ای که از طریق آن با سرور ارتباط برقرار می کند، بسیاری از عملکردهای رویه NTP را حذف می کند. SNTP معمولاً دقت زمانی حدود 100 میلی ثانیه از منبع زمانی ارائه می دهد. مشکل اصلی این پروتکل امنیت پایین آن است. از آنجایی که فاقد روش رمزگذاری است، در برابر حملاتی که در آن زمان قابل تغییر است آسیب پذیر است [8]. با توجه به اینکه دقت زمانی این پروتکل بالا نیست، نمیتوان از آن برای زمانبندی در این پروژه استفاده کرد.

#### • Reference Broadcast Synchronization

پروتکل RBS به این صورت است که برای مثال چراغی را برای همه گیرنده ها پخش می شود، گیرنده ها ساعت های خود را با یکدیگر مقایسه می کنند تا فاصله نسبی را محاسبه کنند. ساده ترین شکل RBS یک چراغ پخش و دو گیرنده است. بسته زمان بندی برای دو گیرنده پخش خواهد شد. گیرنده ها زمان دریافت بسته را مطابق با ساعت محلی خود ضبط می کنند. سپس گیرندگان اطلاعات زمان بندی خود را مبادله کرده و قادر به محاسبه افسست خواهند بود. [10].

#### • ترکیب NTP و RBS

اگر چه گره های شبکه می توانند با NTP همگام شوند تا زمان مطلق را به دست آورند، اما تفاوت های بین دو گره میتواند با مکانیزم RBS حذف و تثبیت شود. مراحل زیر، با ترکیب NTP و RBS، به همگام سازی زمانی بین سرور و کلاینت ها می رسد.

۱. گیرنده به صورت دوره ای درخواست را به سرور NTP ارسال می کند و زمان ارسال آن را ثبت می کند.

۲. سرور NTP با یک پیام مهر زمانی متشکل از زمان دریافت و ارسال به مشتری پاسخ می دهد.

۳. سرویس گیرنده NTP زمان دریافت را ثبت می کند و سپس افست بین سرور NTP و کلاینت را محاسبه کرده و زمان مطلق محلی را تنظیم می کند.

۴. سرور RBS به صورت دوره ای چندین پیام زمانی را پخش می کند و کلاینت ها زمان مطلق محلی خود را زمانی که مشتریان RBS پیام را دریافت می کنند، ضبط می کنند.

۵. یکی از مشتریان پیام مهر زمان خود را برای مشتری دیگر ارسال می کند. هنگامی که مشتری دیگر پیام را دریافت می کند، گیرنده افست بین فرستنده و گیرنده محاسبه می کند و ساعت محلی را تنظیم می کند [11].

برای زمانبندی میتوان از PTP, NTP استفاده کرد و مشکل تفاوت زمان در میان گره ها را در صورت استفاده از NTP با ترکیب آن با RBS برطرف کرد.

## ۶-۱ همگام سازی مجدد

یک مشکل اجتناب ناپذیر هنگام کار با همگام سازی مشکل انحراف ساعت است، بدون توجه به دقت ساعت، همه ساعت ها دیر یا زود تغییر می کنند. بنابراین به خصوص هنگام کار با همگام سازی باید در نظر گرفته شود. برای حل این مشکل نیاز است تا ساعت ها پس از یک دوره زمانی با یکدیگر همگام شوند. با توجه به اینکه در پخش صدا اختلاف زمانی میتواند بین ۵ تا ۴۰ میلی ثانیه باشد، بازه زمانی برای همگام سازی مجدد از اهمیت بالایی برخوردار است.

بازه زمانی مناسب برای همگام سازی مجدد ساعت ها تا حد زیادی به کریستال مورد استفاده در ساعت ها دارد، برای مثال در کامپیوتر معمولی میتواند حدود ۱۰ به توان ۶- باشد، داریم [12]:

Max drift after  $\Delta t$ :  $2p\Delta t$

If we want precision  $\pi$ : Should sync at most each  $\pi/2p$

اگر بالاترین میزان دقت، با اختلاف زمانی ۵ میلی ثانیه در نظر بگیریم، حداقل هر ۲۵۰۰ ثانیه باید پروتکل همگام سازی مجددا اجرا شود.

ویدیو و یا صدایی که از طریق شبکه ارسال می شود به بخش های مختلفی تقسیم می شود که هر کدام دارای مهر زمانی مربوط به زمان پخش آن هستند.

زمان همگام سازی مجدد ممکن است میان زمان سیستم و زمان پخش بخشی از صدا که در دسترس است اختلافی وجود داشته باشد، در این صورت سه راه وجود دارد:

1. اگر زمانبندی تلفن جلوتر از زمان قسمتی از صدای رسیده شده که باید پخش شود است، از آن قسمت از صدا عبور کند و بسته های صدای بعدی را در صورت وجود، پخش میکند در این صورت اختلالی با دیگر صدا های پخش شده در سیستم ایجاد نمیکند.
2. اگر زمانبندی تلفن عقب تر از زمان قسمتی از صدای رسیده شده که باید پخش شود است، گیرنده برای مدتی سکوت میکند تا زمان مورد نظر برای بسته بعدی رسیده شده برسد در این صورت اختلالی با دیگر صدا های پخش شده در سیستم ایجاد نمیکند.
3. تغییر سرعت پخش با استفاده از نمونه برداری مجدد که نیاز به مکانیزم و الگوریتم مشخصی دارد.

استفاده از روش ۱ و ۲ ساده است ولی در روش ۳ باید از الگوریتم خاصی برای انجام این کار استفاده شود که تغییر در سرعت باعث اختلال در پخش تلفن های دیگر نشود.

## ۷-۱ قابلیت های تلفن همراه

دو راه برای انتقال اطلاعات در شبکه بیسیم استفاده از بلوتوث و وای فای است، که از امواج رادیویی برای انتقال داده در فواصل کوتاه و بدون نیاز به اتصال سیمی استفاده می کنند. Wi-Fi با شکستن یک سیگنال به قطعات و انتقال آن قطعات از طریق فرکانس های رادیویی متعدد کار می کند و برای دستگاه های بیشتر و کاربران بیشتری قابلیت های فراوانی را ارائه میکند.

بلوتوث امکان انتقال اطلاعات با برد کوتاه بین دستگاه ها را فراهم می کند و تعداد دستگاه هایی را که می توانند در هر زمان متصل شوند محدود می کند و استفاده از آن ساده تر و به انرژی کمتری نیاز دارد و دارای سرعت و پهنای باند کمتری می باشد.

محدوده فرکانس بلوتوث 2.400 گیگاهرتز تا 2.483 گیگاهرتز در حالی که برای وای فای 2.4 گیگاهرتز تا 5 گیگاهرتز است، نرخ بیت در بلوتوث 2.1 مگابیت بر ثانیه و در وای فای 600 مگابیت بر ثانیه است. با توجه به سرعت و پهنای باند وای فای استفاده از آن برای ارسال فایل ویدیو و صوتی و همگام سازی گره ها بهتر است.

## ۸-۱ بافرینگ

ارسال اطلاعات در شبکه مشکلاتی نظیر گم شدن و تاخیر دارد و میتوان این مشکل را با استفاده از بافر در سمت گیرنده مدیریت کرد. استفاده از بافر با حجم زیاد ممکن است محدودیت هایی داشته باشد و همه ی گیرنده ها قادر به پشتیبانی از آن نباشند و استفاده از بافر با حجم کم ممکن است باعث شود در زمان اجرا گیرنده داده ی لازم برای پخش را نداشته باشد و بسته های رسیده بعدی به علت کم بودن حجم بافر پاک شوند، پس استفاده از حجم مناسب بافرینگ از اهمیت بالایی برخوردار است.

بافرینگ باید از مکانیزمی استفاده کند که بسته های رسیده شده که دیگر قابل استفاده نیستند (زمان اجرای آنها گذشته است) پاک شود تا امکان بافر شدن بسته های بعدی وجود داشته باشد.

## فصل دوم

# همگام سازی صدا میان حداکثر ۱۰ کاربر

### ۱-۲ نیازمندی ها

تبادل داده ها در بستر اینترنت ممکن است مشکلاتی نظیر گم شدن، از دست رفتن اطلاعات و تاخیر در ارسال بسته ها را داشته باشد، علاوه بر این زمانی که هدف پخش همزمان صدا در چندین موبایل باشد مشکلات بزرگتری را ایجاد میکند. پس انتخاب پروتکل ارتباطی مناسب در ارسال بسته ها برای جلوگیری از این مشکلات از اهمیت بالایی برخوردار است.

همگام سازی میان چندین موبایل و حفظ این همگام سازی، مهم ترین قسمت برای دستیابی به پخش همزمان با کیفیت صدا میان چندین موبایل برای هم افزایی و تقویت صدا خواهد بود، زیرا داده های انتقال یافته باید به ترتیب صحیح در میان همه گره ها اجرا شوند تا کیفیت پخش صدا کم نشود و این کار با قرار دادن زمانی روی هر بسته ارسالی توسط گره مستر به دست می آید که نشان می دهد در آینده چه زمانی باید آن صدا پخش شود. اگر همه گیرنده ها صدای دریافتی را در زمان مشخص پخش کنند، همگام سازی به دست می آید و این کار مستلزم آن است که ساعت های همه گیرنده ها همگام شوند، بنابراین دقت همگام سازی تا حدی به نحوه عملکرد پروتکل زمانبندی انتخاب شده بستگی دارد.

در این شبکه توزیع شده نیاز به یک ساعت هماهنگ که میان همه گیرنده ها مشترک است وجود دارد، اگرچه می توان به همگام سازی اولیه دست یافت، اما این دو ساعت به مرور زمان با سرعت کمی متفاوت حرکت می کنند و از یکدیگر دور می شوند و بنابراین نیاز است تا پروتکل همگام سازی در یک بازه زمانی تکرار شود تا دقت افزایش یابد و تفاوت برای انسان قابل تشخیص نباشد.

برای اطمینان از اینکه همه ی تلفن ها در یک زمان صدا را پخش میکنند باید هر کدام دارای بافر با حجم مناسب باشند تا بسته ها را زودتر از زمان پخششان بافر کند.

برای امنیت و جلوگیری از حملات احتمالی باید مکانیزمی وجود داشته باشد که دستگاه قبل از وارد شدن به شبکه ارتباطی احراز هویت شوند. دستگاه ها برای شروع به پخش و وارد شدن به شبکه

میتوانند QR Code داشته باشند و با آن احراز هویت شده و در صورت درستی فایل صوتی را پخش کنند.

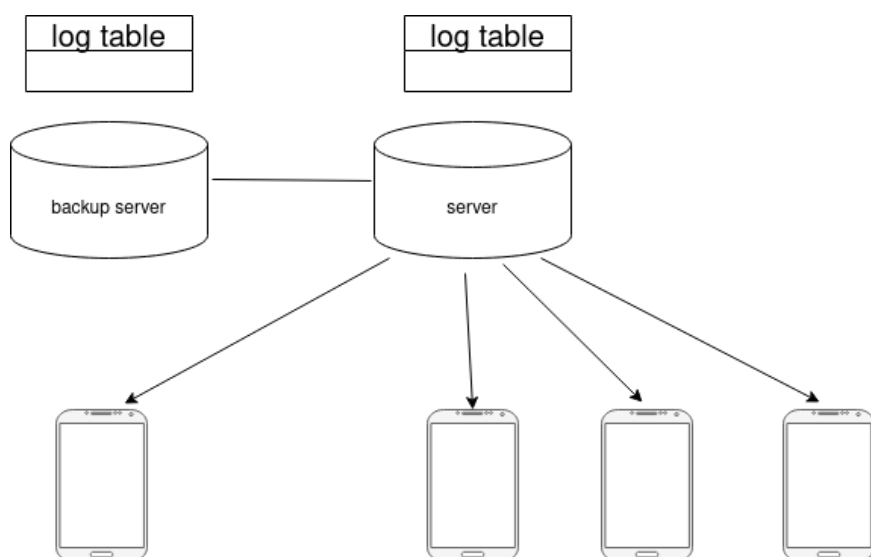
رابطه کاربری نرم افزار طراحی شده برای انجام این پروژه از اهمیت بالایی برخوردار است و باید به صورتی باشد که کاربر به راحتی بتواند با آن ارتباط برقرار کند.

## ۲-۲ راه حل اول (کلاینت-سرور)

گره های گیرنده زمانی که برای دریافت صدا به شبکه اضافه می شوند در ابتدا باید QR Code اسکن کنند اگر این کار به درستی انجام بگیرد و احراز هویت به درستی باشد، پیام join به سرور ارسال می کنند (برای قابلیت اطمینان از پروتکل tcp برای ارسال پیام join به سرور استفاده میشود) که نشان دهنده این است که گره به شبکه اضافه شده و آماده دریافت صدا میباشد و سرور اطلاعات گیرنده ها نظیر، آدرس شبکه، پهنای باند موجود را نگهداری میکند و زمانی که گره از شبکه حذف میشود پیام delete رو به سرور ارسال میکند (برای قابلیت اطمینان از پروتکل tcp استفاده میشود)، با توجه به اینکه ممکن است گیرنده به دلایلی از شبکه قبل از ارسال پیام delete حذف شود سرور مکانیزمی در نظر میگیرد که اگر بعد از ارسال ۳ پیام به گیرنده، بعد از مدت زمانی پیامی دریافت نکرد آن را حذف شده در نظر میگیرد و برای پیوستن دوباره به شبکه باید پیام join ارسال کند.

در این معماری از نسخه backup سرور نیز استفاده میشود هدف از آن ایجاد یک کپی از اطلاعات است که در صورت خرابی داده های اولیه قابل بازیابی باشد. خرابی داده های اولیه می تواند نتیجه خرابی سخت افزار یا نرم افزار، خرابی داده ها، یا یک رویداد ناشی از انسان، مانند یک حمله مخرب (ویروس یا بدافزار)، یا حذف تصادفی داده ها باشد.

سرور ها شامل داده لاگ می باشد که وضعیت مربوط به گیرنده ها و داده های فرستاده شده برای آنها و اطلاعات همگام سازی زمان را نگهداری میکند، میتوان از این داده ها استفاده کرد تا در زمان از دست رفتن سرور اصلی امکان جایگزینی سرور پشتیبان وجود داشته باشد. زمانی که گره جدیدی به شبکه اضافه می شود، سرور علاوه بر ذخیره اطلاعات آن، برای نسخه backup نیز این اطلاعات را ارسال میکند (سرور backup میتواند یکی دیگر از تلفن های همراه درون شبکه باشد).



شکل ۱- معماری متمرکز برای ارسال داده صوتی میان حداکثر ۱۰ کاربر

برای پخش همزمان صدا میان چند گیرنده، سرور داده صوتی را به قسمت هایی تقسیم بندی میشود که زمان پخش هر بسته مشخص است (برای اینکه همه گیرنده ها آن بسته را در زمان یکسانی اجرا کنند) و بسته زمان ارسال میان گیرنده ها کد گذاری میشود و داده آنالوگ به دیجیتال تبدیل شده و میان گیرنده ها ارسال میشود.

برای اینکه تلفن ها در ابتدا با یکدیگر به پخش داده صوتی شروع کنند، این کار می تواند با تاخیر شروع شود (زمان پخش اولین بسته رسیده شده حدود ۳ ثانیه با زمان ارسال فاصله داشته باشد) تا همه ی تلفن ها داده کافی در بافر خود برای پخش متوالی داشته باشند، البته اگر هدف live speech در شبکه باشد استفاده از این کار مناسب نیست، چون باعث میشود صدای پخش شده از تلفن ها به صورت اکوی سخنگو باشد و ممکن است مشکلاتی در فهم آن باشد.

برای ارسال داده های صوتی از شبکه wifi استفاده می شود زیرا کاربران زیادی همزمان میتوانند از آن استفاده کنند، قابلیت های گسترده ای را ارائه میدهد و پهنای گسترده تری را برای ارسال داده پشتیبانی می کند و پروتکل مورد استفاده rtp میباشد (علت استفاده از آن در فصل ۱ بیان شده)، پس از دریافت بسته توسط گیرنده برای پخش صدا دیجیتال به آنالوگ تبدیل می شود و همچنین آن بسته شامل زمان میباشد که زمان پخش بسته را توسط گیرنده مشخص میکند.

تلفن های همراه نیاز به همگام سازی دارند، پروتکل همگام سازی مورد استفاده PTP می باشد که دارای دقت بالایی است (در فصل ۱ توضیح داده شده) و به علت clock skew پس از بازه ی زمانی خاصی این هماهنگ سازی باید تکرار شود.

هر یک از کلاینت ها نیاز به بافر دارند تا بسته هایی که زودتر میرسد را بافر کنند تا امکان پخش صدا پیوسته برای آنها فراهم باشد، اگر بسته ای دیر تر از زمان موعد به کلاینت برسد نیازی به بافر شدن آن نیست و باید حذف شود.

در این روش سرور وظیفه ارسال فایل به دیگر گره ها را بر عهده دارد، در ابتدا سرور مشغول پخش فایل صوتی می باشد و زمانی که دیگر تلفن های همراه به سرور درخواست ارسال میکنند (سرور میتواند از روش multi thread برای انجام چند کار به طور همزمان استفاده کند)، ابتدا پروتکل همگام سازی اجرا میشود (اگر در ابتدا فایل صوتی ارسال شود و کلاینت ها شروع به پخش فایل صوت کنند ممکن است باعث تداخل با دیگر گره ها شود) و سپس فایل صوتی را ارسال میکند.

#### مزایا:

- پیاده سازی آسان
- به علت استفاده از احراز هویت، QR Code، و کد گذاری در تبدیل داده آنالوگ به دیجیتال امنیت نرم افزار تا حدودی افزایش میابد
- استفاده از بافرینگ در سمت کلاینت ها
- استفاده از نسخه backup در صورت خرابی سرور
- استفاده از log برای هماهنگی با سرور
- با استفاده از پروتکل زمانبندی PTP که دارای دقت بالایی میباشد
- به علت ارتباط مستقیم گره با سرور، با یک بار ارسال بسته به گیرنده میرسد و واسطی میان آنها وجود ندارد

#### معایب:

- گره ای پیام های زمانبندی را به درستی دریافت نکند و یا اجرا نکند و در زمان اشتباهی بسته را اجرا کند باعث تداخل به دیگر صدا ها میباشد.
- آکوستیک و شرایط محیط در زمانبندی تاثیر گذار است که در نظر گرفته نشده.
- پهنای باند در دسترس سرور باید میان همه کلاینت ها تقسیم شود.
- گره ای مخرب باشد و داده اشتباهی را اجرا کند و باعث از دست رفتن شفافیت و کیفیت صدای کلی میشود.



- در دسترس خارج شدن همزمان و ناسازگاری سرور و نسخه backup
- زمان شروع به پخش با تاخیر در نظر گرفته شده و مکانیزم نمیتواند برای live speech استفاده شود.
- حجم بافر و حجم فایل های صوتی ارسالی دقیق محاسبه نشده
- دوره زمانی برای اجرای پروتکل همگام سازی محاسبه نشده
- پروتکل ptp دارای معماری master-slave میباشد و در صورت خرابی مستر، زمانی مصرف میشود تا مستر بعدی انتخاب شود

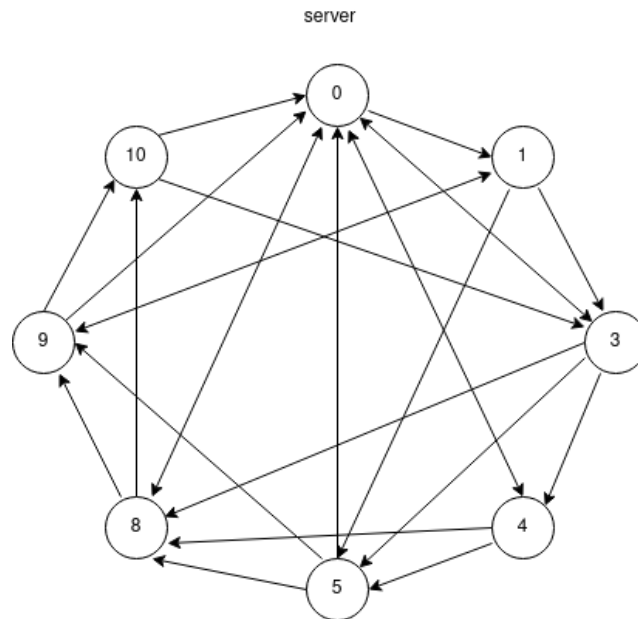
## ۳-۲ راه حل دوم (سلسله مراتبی)

تلفن ها زمانی که برای دریافت صدا به تازگی به شبکه متصل می شوند برای اتصال ابتدا QR Code را اسکن میکنند و احراز هویت میشوند (برای امنیت و جلوگیری از ورود کاربران مخرب) ، سپس پیام join به سرور مرکزی ارسال میکنند و سرور بعد از ثبت اطلاعات گیرنده، براساس hash table آیدی میان ۱ تا ۱۰ را اتخاذ به آنها اختصاص داده (حداکثر تعداد گره های شبکه ۱۰ میباشد و سرور دارای آیدی صفر میباشد) و سرور اطلاعات آن گره را برای پدر و خواهر و برادر آن گره ارسال میکند.

زمانی که گره از شبکه حذف میشود پیام delete رو به سرور ارسال میکند، با توجه به اینکه ممکن است گیرنده به دلایلی از شبکه قبل از ارسال پیام delete حذف شود اگر بعد از مدت زمانی پیامی از گیرنده دریافت نکرد آن را حذف شده در نظر میگیرد و برای پیوستن دوباره به شبکه باید پیام join ارسال کند.

معماری در نظر گرفته شده در این قسمت به صورت سلسله مراتبی میباشد و با توجه به اینکه بسته باید به کل گره های شبکه ارسال شود، میتوان برای انجام این کار از روش های broadcast الگو برداری کرد. استفاده از hypercube به علت اینکه همه ی گره های موجود ممکن است در شبکه حضور نداشته باشند، توصیه نمی شود، بنابراین از ساختار chord برای ارسال پیام به تمام گره ها استفاده میکنیم.

برای مثال اگر سرور و گره های ۱، ۳، ۴، ۵، ۸، ۹، ۱۰ در شبکه حضور داشته باشند، بعد از محاسبه ft برای هر گره، ساختار chord به شورت زیر خواهند داشت:



$$FT_p[i] = succ(p + 2^{i-1})$$

شکل ۲ - ارتباط میان گره ها و سرور براساس chord

برای ارسال اطلاعات در این روش دو راه وجود دارد، یکی اینکه هر گره پس از دریافت پیام، آن را به همه ی گره های مرتبط خود ارسال کند، در این صورت میتواند یک گره بیش از یکبار یک پیام را دریافت کند و مشکل ازدحام و ارسال پیام های تکراری در شبکه ایجاد میشود ولی در این صورت اگر یکی از گره ها حذف شود یا دچار اختلال شود مشکلی به وجود نمیاید. برای مثال در شکل بالا گره ۸ میتواند همزمان بسته را از سرور و گره های ۵ و ۴ و ۳ دریافت کند.

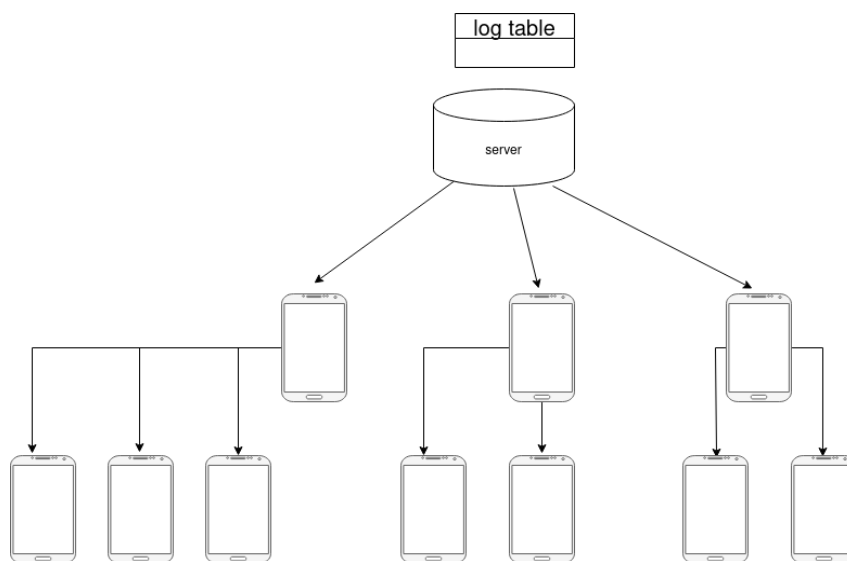
راه دیگر برای ارسال اطلاعات استفاده از روش **broadcast in chord** میباشد، برای مثال در این شبکه، گره ۰ (سرور) برای گره های ۱ و ۳ و ۴ و ۸ دیتا ارسال میکند و گره ۱ مسئول ارسال اطلاعات بین گره های ۱ تا ۳ و گره ۳ مسئول ارسال اطلاعات بین گره های ۳ تا ۴ و گره ۴ مسئول ارسال اطلاعات بین گره های ۴ تا ۸ و گره ۸ مسئول ارسال اطلاعات بین گره های ۸ تا ۰ میباشد.

برای افزایش کارایی در این روش میتوان مکانیزم های مختلفی را برای تعیین آیدی با استفاده از **hash table** برای گره هایی که به شبکه متصل میشوند استفاده کرد، برای مثال گره هایی که به

سرور متصل اند و مسئول دریافت و ارسال اطلاعات میباشند گره های قوی تر شبکه باشند و یا باید پهنای باند بیشتری برای آنها در نظر گرفته شود و یا در مکانیزمی دیگر این گره ها گره های نزدیک تر در شبکه باشند.

زمانی که گره جدیدی به شبکه اضافه میشود پیام join به ریشه فرستاده میشود و ریشه برای آن گره براساس hash table آیدی خاصی در نظر میگیرد و ft مجددا محاسبه میشود و ممکن است در انتخاب لینک های ارتباطی تغییراتی ایجاد شود و گره جدید ممکن است با سرور ارتباط مستقیم داشته باشد و یا زیر مجموعه گره دیگری قرار بگیرد.

اگر گره ای به شبکه اضافه شود، ft مجددا محاسبه می شود و اطلاعات مربوط به آن گره برای گره پدر و خواهر و برادر هایش ارسال میشود، حذف یک گره نیز به همین صورت به گره های موجود در شبکه اطلاع داده میشود. در اضافه شدن یک گره ممکن است در سطح ۲ قرار بگیرد و یا اینکه گره در سطح ۱ قرار بگیرد و یک گره سطح ۱ قبلی و فرزنداناش، فرزند گره جدید شوند.



شکل ۳- روش سلسله مراتبی

زمانی که گره ای از شبکه حذف میشود، اگر دارای فرزند باشد succ آن جایگزین میشود (داشتن اطلاعات همه ی خواهر برادر ها در این قسمت کاربرد دارد) و اگر برگ باشد، تغییری ایجاد نمی شود و تنها گره حذف می شود (اطلاعات هر گره در پدر و خواهر برادرانش ذخیره میشود).

برای پخش همزمان صدا میان چند گیرنده، ریشه داده صوتی را به قسمت هایی تقسیم بندی میشود که زمان پخش هر بسته مشخص است (برای اینکه همه گیرنده ها آن بسته را در زمان یکسانی اجرا

کنند) و بسته زمان ارسال میان گیرنده ها کد گذاری میشود و داده آنالوگ به دیجیتال تبدیل شده و داده به گیرنده هایی که ارتباط مستقیمی با سرور دارند ارسال میشود و گره های میانی ضمن اینکه آن بسته را به بقیه گره های مرتبط ارسال میکنند، بسته دریافتی را برای پخش از دیجیتال به آنالوگ تبدیل میکنند.

برای ارسال اطلاعات از شبکه wifi استفاده میشود و پروتکل مورد استفاده برای ارسال اطلاعات rtp میباشد (در فصل ۱ گفته شده) و پروتکل همگام سازی به علت اینکه گره ها از یکدیگر مطلع هستند، ترکیب NTP, RBS می باشد (طبق مطالب فصل ۱).

همه ی گره ها نیاز به بافر برای بسته های دریافت دارند ولی چون گره های سطح ۱ باید بسته را دریافت و برای فرزندان خود ارسال کنند، بسته ها را زودتر از زمان پخش نسبت به فرزندان دریافت میکنند و نیاز به حجم بافر بزرگ تری دارند.

در این ساختار گره ای در ریشه قرار دارد (گره ای که کل فایل صوتی را دارد) باید اطلاعات حذف و اضافه شدن گره ها را در log ذخیره کند تا در صورت وجود مشکل امکان بازیابی اطلاعات و شبکه وجود داشته باشد و وظیفه ارسال بسته ها به فرزندان خود و محاسبه ft برای گره های موجود در شبکه را دارد.

#### مزایا:

- استفاده از ساختار سلسله مراتبی و سرور به صورت متمرکز وظیفه ارسال فایل به همه گره ها را بر عهده ندارد و بار کاری آن تقسیم میشود
- به علت استفاده از احراز هویت، QR Code، و کد گذاری در تبدیل داده آنالوگ به دیجیتال امنیت نرم افزار تا حدودی افزایش میابد
- استفاده از بافرینگ در گره ها
- استفاده از log برای سینک شدن بعد از مشکلات احتمالی برای سرور و اجازه عقبگرد و فهمیدن مشکل را داشته باشند
- میتوان مکانیزیم های ارتباطی و ویژگی های گره ها را در انتخاب آیدی با استفاده از ساختار hash دخالت داد
- استفاده از ترکیب NTP, RBS برای همگام سازی، که مکانیزمی برا نزدیک شدن ساعت میان گیرنده ها دارد.

## معایب:

- پیاده سازی سخت
- به سختی میتوان فضای سه بعدی را به یک بعدی تبدیل کرد و در ساختار hash استفاده کرد
- گره ای پیام های زمانبندی را به درستی دریافت نکند و یا اجرا نکند و در زمان اشتباهی بسته را اجرا کند باعث تداخل به دیگر صدا ها میباشد.
- آکوستیک و شرایط محیط در زمانبندی تاثیر گذار است که در نظر گرفته نشده.
- گره ای مخرب باشد و داده اشتباهی را اجرا کند و باعث از دست رفتن شفافیت و کیفیت صدای کلی میشود.
- حجم بافر و حجم فایل های صوتی ارسالی دقیق محاسبه نشده
- دوره زمانی برای اجرای پروتکل همگام سازی محاسبه نشده
- تعداد پیام بیشتری مبادله می شود تا بسته به دست گره های برگ برسد
- پروتکل RBS عدم قطعیت گیرنده وجود دارد که ممکن است گیرنده پیام را دریافت نکند و با هم همگام نشوند
- گره های سطح دوم به طور یکنواخت میان گره های سطح ۱ توزیع نشده اند
- با حذف و اضافه شدن گره ها ft باید برای همه ی گره ها محاسبه شود

## ۴-۲ مقایسه دو راه حل

برای ارسال اطلاعات در هر دو پروتکل از udp استفاده میشود و برای حل مشکل بسته های گم شده و خراب از پروتکل rtp درون بدنه udp استفاده میکند (ممکن است همه گره های شبکه از پروتکل rtp پشتیبانی نکنند).

در راه حل اول از پروتکل PTP استفاده شده که دقتی در حد ۵۰ میکرو ثانیه دارد ولی مشکل آن این است که در صورت خرابی مستر زمانی تا انتخاب مجدد آن و رای گیری وجود دارد ولی در راه حل دوم از ترکیب rbs , ntp استفاده شده، که مشکل خرابی مستر را ندارد ولی پروتکل rbs دارای مشکل عدم قطعیت گیرنده میباشد ولی با توجه به اینکه با ntp ترکیب شده دقت خوبی را می تواند ارائه دهد و با این مشکل غلبه میکند.

در روش استفاده شده از معماری متمرکز یک سرور مسئول پاسخگویی به همه گیرنده ها میباشد مشکل وابستگی به سرور است که در صورت خرابی و اختلال در سرور کل شبکه تحت تاثیر قرار

میگیرد برای آن یک سرور backup در نظر گرفته شده که در صورت خرابی سرور اصلی جایگزین آن شود و برای اینکه ممکن است دو سرور با یکدیگر کاملاً مطابقت نداشته باشند از log سرور اصلی میتوان برای یکسان سازی سرور اصلی و backup استفاده کرد.

روش متمرکز پیاده سازی راحت تری دارد ولی سرور نیاز به پهنای باند زیاد و پردازشگر قوی می باشد زیرا مسئولیت همگام سازی، اجرا و ارسال بسته ها را برعهده دارد. پهنای باند سرور در روش متمرکز باید میان تمام گیرنده ها تقسیم شود و از همان پهنای باند برای ارسال اطلاعات به همه گیرنده ها استفاده میشود.

در روش سلسله مراتبی دو سطح در نظر گرفته شده که ریشه با تعدادی از گره ها ارتباط مستقیمی دارد و بقیه گیرنده ها با گیرنده های سطح اول مرتبط هستند، پیاده سازی این روش سخت تر است زیرا در هر بار کم و زیاد شدن گره ها درون شبکه باید به گره ها اطلاع داده شود و ft برای هر گره دوباره محاسبه شود.

پیاده سازی و بهینه بودن این روش به اختصاص دادن آیدی به هر گیرنده بستگی دارد اگر گیرنده هایی با کارایی و توان پردازشی بهتر دارای آیدی باشند که به طور مستقیم با سرور در ارتباط است، کارایی این روش بیشتر است و بهتر است برای گره های سطح ۱ پهنای باند بزرگ تری در نظر گرفته شود زیرا این گره ها مسئول ارسال و دریافت اطلاعات درون شبکه هستند.

در این روش مشکل وابستگی به سرور کمتر وجود دارد زیرا تنها سرور اطلاعات را ارسال نمیکند و گره های سطح ۱ نیز این کار را انجام میدهند و چون سرور با گره های کمتری مرتبط است میتواند در زمان کوتاهی اطلاعات را برای گره های سطح ۱ ارسال کند.

گره های سطح ۱ باید حجم بافر بیشتری داشته باشند، زیرا زودتر اطلاعات را از سرور دریافت میکنند و باید آنها را تا رسیدن موعد پخش درون بافر نگه داری کنند و برای گره های مرتبط نیز ارسال کنند.

اگر تلفن همراهی که به عنوان سرور انتخاب میشود دارای بار پردازشی زیاد و به پهنای باند خوبی دسترسی داشته باشد به علت حجم کمتر پیام ها (گره ها نیاز نیست از حذف و اضافه شدن یکدیگر اطلاعی داشته باشند و بسته مستقیم از سرور میرسد) و پیاده سازی راحت تر استفاده از روش اول بهتر است و در غیر اینصورت اگر سرور گره قوی نباشد و امکان multi thread یا قابلیت خوبی برای آن فراهم نباشد روش دوم و پخش کردن بار کاری سرور در شبکه کارآمد تر است.

## فصل سوم

# همگام سازی صدا در استادیوم آزادی

### ۱-۳ نیازمندی ها

استادیوم آزادی دارای گنجایشی حدود ۹۰ هزار نفر است که از این تعداد ۳۵ هزار نفر در طبقه پایین و ۵۵ هزار نفر در طبقه بالا اختصاص دارد و در حالت فشرده گنجایش آن به ۱۰۰ هزار نفر نیز می‌رسد، که در تصویر زیر نشان داده شده است.



شکل ۴ - استادیوم آزادی

در این قسمت خاصیت مقیاس پذیری سیستم مد نظر است (بزرگتر شدن فضای مسئله از محیط جلسه به استادیوم آزادی و افزایش تعداد کاربران)، زیرا سیستم مورد استفاده باید بتواند قابلیت گسترش برای پاسخگویی به تعداد بیشتری از کاربران را داشته باشد. برای افزایش مقیاس پذیری سیستم دو راه وجود دارد:

**توسعه عمودی یا Scale Up:** به هر کدام از گره ها (Nodes) که در واقع همان کامپیوتر های موجود در سیستم توزیع شده هستند، منابعی مانند Ram یا CPU و... اضافه میشود.

توسعه افقی یا **Scale Out** : در این روش، به جای اضافه کردن منابع بیشتر (مانند Ram) به کامپیوترهای جاری در سیستم توزیع شده، تعداد گره ها (Nodes) افزایش می یابد.

اگر چه روش اول، روشی ساده و بعضاً کارا است، ولی با توجه به اینکه در این مساله گره های ما تلفن های همراه کاربران هستند امکان قوی تر کردن آنها وجود ندارد و بهتر است از روش دوم استفاده شود، یعنی برای این کار میتوانیم با افزایش تعداد سرور ها به صورت توزیع شده در سیستم استفاده کنیم.

در این قسمت معماری و مکانیزم استفاده شده باید به صورتی باشد که پاسخگوی ۱۰۰ هزار کاربر باشد و کاربران از بیرون متوجه تعدد سیستم ها نشوند و مشکل down شدن با افزایش تعداد کاربران وجود نداشته باشد و قابل اطمینان باشد.

برای پخش همزمان صدا به صورتی که باعث هم افزایی شود، کیفیت صدا کاهش نیافته و برای همه به خوبی قابل شنیدن باشد باید تمام گره یک صدا را در یک زمان پخش کنند و یا این اختلاف زمان به صورتی باشد که برای کاربران قابل تشخیص نباشد و در محیط بزرگی مانند استادیوم آزادی نیازمند پروتکل زمانبندی مناسب و مکانیزمی برای ارسال بسته ها به کاربران باشد که تمام کاربران داده ها را دریافت کنند.

استفاده از ساختار متمرکز برای انجام این کار امکان پذیر نمیشود زیرا یک سرور نمی تواند در یک زمان پاسخگوی ۱۰۰ هزار کاربر باشد به همین علت برای انجام این کار ساختاری به صورت سلسله مراتب پیشنهاد میشود.

در این مکانیزم اگر تعدادی از گره ها موفق به پخش یک بسته صوتی نشوند با توجه به تعداد زیاد کاربران مشکلی پیش نیاید ولی تا حد امکان باید از این کار جلوگیری شود.

### ۲-۳ راه حل پیشنهادی

راه حل پیشنهادی به علت مدیریت تعداد زیادی از کاربران نمیتواند به صورت متمرکز باشد و می توان به صورت سلسله مراتب معماری را در نظر گرفت. ساختار سلسله مراتبی طراحی شده باید به صورتی باشد، که تعداد سطح آن بیشتر از ۵ نباشد زیرا تعداد سطح های زیاد باعث میشود یک بسته برای رسیدن به تلفن گیرنده مسیر های متفاوتی را طی کند که باعث افزایش احتمال خرابی و از دست رفتن و تاخیر میشود. روش پیشنهادی به صورت زیر است:

با توجه به شکل زیر هر سکو حدود ۱۰۰ تا ۳۶۰ نفر ظرفیت دارد.





شکل ۵ - ظرفیت سکو ها در استادیوم آزادی

میتوان برای هر سکو براساس تعداد تلفن های همراه فعال که برای پخش صدا استفاده میشوند حداکثر تا ۵ سرور در نظر گرفت (این تعداد بستگی به ظرفیت و پهنای باند سرور ها دارد و میتواند تغییر کند)، برای اینکه امکان افزایش تعداد سرور ها وجود داشته باشد و گره ها به طور یکنواخت میان سرور ها توزیع شوند میتوان از ساختار `consistent hashing` استفاده کرد.

در ساختار `consistent hashing`، کلید سرور ها و کاربران موجود در شبکه `hash` شده و چند نسخه مجازی از کلید هاس سرور ایجاد شده که به طور یکنواخت کاربران میان سرور ها توزیع شده و امکان حذف و اضافه شدن سرور ها و کاربران فراهم باشد.

برای اتصال ابتدایی کاربران به شبکه میتواند هر بلیط `QR Code` داشته باشد که با استفاده از آن هر گره به طور رندوم به یکی از سرور های آن سکو متصل کرده و آن سرور طبق `consistent hashing` درخواست را به سرور مربوطه ارسال می کند (شبیه به `tcp-handoff`).

با توجه به اینکه در بعضی مسابقات حتی در فضای میان سکو ها نیز تماشاگران حضور دارند، میتوان برای این گره ها مکانیزم را به صورتی در نظر گرفت که برای سکو های اطراف خود در خواست `join` ارسال میکند و از هر کدام زودتر پاسخ دریافت کرد زیر مجموعه آن در نظر گرفته میشود.

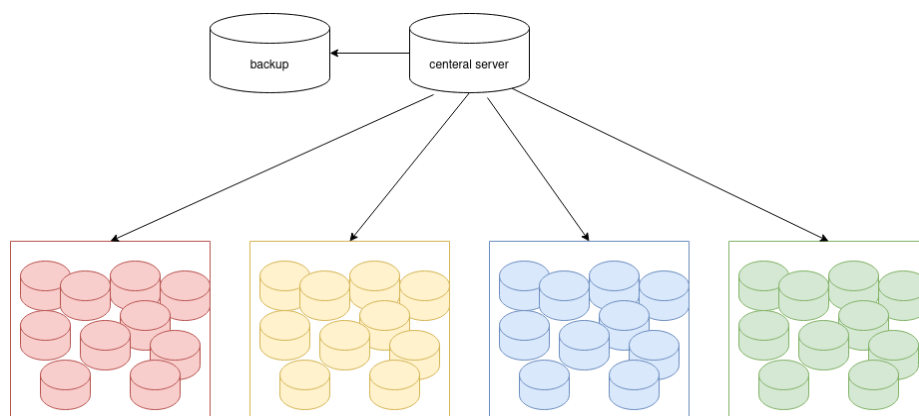
با توجه به زیاد شدن تعداد گره های زیر مجموعه یک سرور نسبت به سوال قبل، اگر امکان استفاده از سرور قوی که بتوان از معماری کلاینت سرور استفاده کرد و سرور پاسخگوی تعداد زیاد کاربران باشد وجود داشته باشد از راه حل اول استفاده میشود و در غیر اینصورت از راه حل دوم (مشکلاتی نظیر ارسال پیام های زیاد درباره ساختار ارتباطی و محاسبه `ft` را دارد که با زیاد شدن تعداد گره ها این پیام ها بیشتر میشود)، استفاده از سرور قوی تر باعث افزایش هزینه اجرایی در مقابل افزایش

عملکرد خواهد شد که این کار منطقی است و پیشنهاد من استفاده از سرور قوی تر و معماری کلاینت-سرور میباشد.

با توجه به شکل ۵ تعداد سکو ها ۱۸۳ میباشد و برای هر سکو ۵ سرور در نظر گرفته شده و یک گره مرکزی نمیتواند این حجم از اطلاعات را ارسال و همگام سازی انجام دهد،(میتوان از سرور های خیلی قوی و پهنای باند زیاد استفاده کرد ولی هزینه زیادی دارد) بنابراین میتوان این قسمت را در دو سطح انجام داد.

با توجه به رنگ های مشخص شده در شکل ۵ میتوان برای هر رنگ حدود ۱۰ سرور در نظر گرفت که سرور های اختصاص یافته به سکو های متعلق به آن رنگ ها میان آنها تقسیم میشوند. برای مثال هر رنگ تقریباً ۴۵ سکو دارد و برای هر سکو ۵ سرور در نظر گرفته شده که در مجموع برای هر رنگ حدود ۲۲۵ سرور وجود خواهد داشت که میتواند میان ۱۰ سرور توزیع شد.

مشابه سطح پایین تر برای توزیع ۲۲۵ سرور میان ۱۰ سرور میتوان از روش consistent hashing استفاده کرد که امکان اضافه و حذف شدن گره ها در صورت نیاز وجود داشته باشد. در سطح ابتدایی سرور قرار دارد که اطلاعات را برای ۴۰ سرور دیگر ارسال میکند که در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- ارتباط ریشه با گره های سطح ۱

بنابراین مکانیزیم در نظر گرفته شده دارای ۴ سطح میباشد (در این روش میتوان تعداد سرور ها و سطح ها تغییر داد، که این کار بستگی به منابع و هزینه دارد)

سطح صفر -> ریشه      سطح یک -> سرور های اختصاص یافته به هر رنگ

سطح دو -> سرور های اختصاص یافته به هر سکو      سطح سه -> تلفن های همراه کاربران

با توجه به ساختار در نظر گرفته شده و افزایش تعداد کاربران باید مکانیزمی برای شناسایی کاربران مخرب وجود داشته باشد و سرور دارای نسخه backup باشد تا در صورت خرابی یا از دست رفتن سرور بتواند جایگزین آن شود، برای اینکه مطمئن شویم ریشه و backup منطبق بر یکدیگر هستند میتوان از log استفاده کرد و اطلاعات سرور های اتصالی و اطلاعات فرستاده شده برای آنها را نگهداری کرد.

اتصالات در شبکه بیسیم و با استفاده از wifi میباشد (در wifi امکان استفاده در محیط گسترده تر با حجم بیشتر کاربران فراهم است) و پروتکل ارتباطی RTP است، در زمانبندی میتوان از پروتکل ptp استفاده شود ولی این پروتکل به صورت سلسله مراتبی اجرا میشود، به این معنی که میان پدر و فرزندان برای همگامسازی اجرا میشود و شروع این زمانبندی از ریشه است به این معنی که ابتدا بین ریشه و سطح ۱ اجرا و زمانی که گره های سطح ۱ تمام شد در سطح بعدی اجرا میشود تا به کلاینت ها برسد (ترکیب udp-rbs به علت اینکه باید کلاینت در مرحله ۵ زمان را برای دیگران ارسال کند با توجه به تعداد زیاد کاربران میتواند مناسب نباشد)

#### مزایا:

- استفاده از پروتکل PTP که دارای دقت خوبی میباشد.
- استفاده از نسخه پشتیبان برای احتمال خرابی ریشه
- استفاده log برای فهمیدن مشکل احتمالی و سینک شدن با نسخه پشتیبان
- تقسیم بار کاری میان سرور ها با consistent hashing
- از بین بردن single point of failure در اتصال ابتدایی با tcp-handoff

#### معایب:

- مکانیزم های امنیتی به طور دقیق برای حملات احتمالی شرح داده نشده.
- در دسترس خارج شدن همزمان ریشه و نسخه پشتیبان
- هزینه زیاد سرور ها و تعداد زیاد آنها، که ممکن است در واقعیت به علت ازدیاد هزینه قابلیت اجرا نداشته باشد.
- مشخص نکردن دقیق اندازه بافر، حجم بسته ها، زمان همگام سازی و تعداد دقیق سرور ها
- مشکلات شبکه و قطع ناگهانی اینترنت با توجه به اینکه ارتباطات در بستر اینترنت است
- در پروتکل ptp خرابی گره مستر وجود دارد

## فصل چهارم

### پخش هماهنگ تصویر و یا فایل ویدیویی

#### ۱-۴ نیازمندی ها

هدف در این قسمت استفاده از چندین تلفن همراه مختلف به طور همزمان برای نمایش ویدیو میباشد، استفاده از آنها به طور همزمان این امکان را در اختیار ما قرار که محتوای بصری را در منطقه بزرگتر نمایش و تعامل چند لمسی را در دستگاه های مختلف انجام دهیم و همگام سازی مناسب نمایشگر های فردی را با تأخیر کم تضمین کنیم. از این رو از دید کاربر مجموعه ناهمگن تلفن های همراه مانند یک نمایشگر و دستگاه ورودی عمل میکنند.

برای انجام این کار ما نیاز داریم سیستمی را طراحی کنیم، که از آن دستگاه های تلفن همراه هوشمند برای ایجاد یک شبکه موقت از نمایشگرها و تنظیمات احتمالی برای برنامه های چند رسانه ای و تعامل استفاده می کند. استفاده از یک شبکه بی سیم برای چنین سیستم تعاملی منجر به مشکلات احتمالی مانند از دست دادن بسته ها یا تأخیر می شود و روش استفاده شده باید به صورتی باشد که بتواند با این مشکلات مقابله کند.



شکل ۴- پخش هماهنگ ویدیو در چند موبایل [14]

استفاده از چندین نمایشگر به طور همزمان نیازمند این است که همه ی نمایشگر ها در یک زمان تصاویر پیوسته مربوط به آن ویدیو را نمایش دهند و استفاده از قابلیت حسگر لمسی در صفحات نمایش فراهم باشد و به دیگر صفحات نمایش هم تأثیر بگذارد و صدا باید به صورت توزیع شده در

یک زمان میان همه ی نمایشگر ها اجرا شود و صدا به صورت هم افزایی و اجرای آن با کیفیت بالاتر فراهم باشد.

نحوه شناسایی، قرار گیری تلفن های همراه نسبت به یکدیگر برای ارسال قسمت مناسب از ویدیو اهمیت بالایی برخوردار است و همه ی گیرنده ها داده یکسانی ندارند و نمیتوانند داده خود را برای دیگران ارسال کنند چون گره های دیگر به آن نیازی ندارند برای انجام این کار استفاده از پروتکل زمانبندی مناسب و انتقال مناسب و سریع تصویر و ویدیو مورد نیاز است.

در سوال اول همه کاربران یک صدا را پخش میکردند و اگر کاربری در زمان موعده صدا را نداشت، پخش نمیکرد، در این صورت فقط بلندی صدا کاهش میافت و کیفیت کلی صدا تغییر نمیکرد ولی میتوانست برای همه واضح باشد ولی در پخش پیوسته ویدیو اگر کاربری بسته را برای اجرا در زمان مقرر نداشته باشد، پیوستگی نمایش دچار اختلال میشود، ناواضح می شود. بنابراین استفاده از مکانیزمی برای اطمینان از نمایش و رسیدن بسته در موعده مقرر به گیرنده از اهمیت بالایی برخوردار است (استفاده از بافرینگ پیشنهاد شده).

## ۴-۲ راه حل

راه حل ارائه شده بر اساس معماری کلاینت-سرور است (زیرا همه ی گره های موجود در شبکه داده یکسانی ندارند که امکان ارسال آنها برای یکدیگر وجود داشته باشد) و یکی از دستگاه های تلفن همراه به عنوان سرور و دستگاه های دیگر به عنوان کلاینت عمل می کنند.

سرور در ابتدا کل صفحه را نمایش میدهد و کلاینت هایی که در ادامه به شبکه می پیوندند صفحه نمایش میان آنها تقسیم میشود، اطلاعات ذخیره شده روی کلاینت ها عمدتاً مکان نسبی آن در صفحه نمایش است، به عنوان مثال یک تبدیل درگاه که موقعیت کلاینت را نسبت به صفحه کلی که میان همه کلاینت ها توزیع شده است نمایش میدهد.

اطلاعات ارسال شده به سرور موقعیت فعلی انگشتان روی صفحه های مختلف است. سرور این اطلاعات را جمع آوری و تبدیل های حاصل را محاسبه می کند، سپس داده های تصویر را برای مشتریان پخش می کند. تغییرات مکان صفحه نمایش به صورت  $\log$  در سرور ذخیره میشود که امکان بازیابی وجود داشته باشد.

این پیاده سازی را میتوان برای هر دستگاهی که از صفحه نمایش لمسی و اتصالات بلوتوث و وای فای پشتیبانی می کند، استفاده کرد. در این روش استفاده از بلوتوث دارای معایبی نیز می باشد، زیرا تنها سه دستگاه در یک شبکه با حداکثر توان خروجی حدود 60 کیلو بایت بر ثانیه میتوانند از آن استفاده کنند [14] و استفاده از بلوتوث انعطاف پذیری بالایی ندارد و نمیتوانند صفحات نمایش کیفیت بالایی داشته باشند. استفاده از WiFi توان عملیاتی بالاتر (تا 600 کیلو بایت بر ثانیه)، اتصال قابل اعتمادتر و امکان اتصال تعداد بیشتری از افراد را فراهم میکند. تا هفت دستگاه بدون هیچ تاثیر منفی بر عملکرد آزمایش شده است [14]. ولی به دلیل استفاده از شبکه بیسیم، بسته ها ممکن است از بین بروند یا دوباره ارسال شوند. ارتباط در این شبکه با استفاده از hotspot تلفن همراه سرور و وصل شدن کلاینتها با wifi میباشد.

با توجه به اینکه یک صفحه نمایش میان چندین صفحه نمایشگر موبایل توزیع می شود، حفظ تداوم، جهت و موقعیت صفحات نمایش از اهمیت زیادی برخوردار است. برای تعیین محل یک گیرنده از دو آدرس استفاده میشود، یکی از آدرس ها محل کاربر را نسبت به بقیه و دیگری موقعیت کلی جهانی کاربر را نمایش میدهد،

برای تشخیص موقعیت جهانی میتوانیم از نشانگر نوری و برای تعیین موقعیت نسبت به بقیه گره های درون شبکه می توانیم بر اساس الگوریتمی استفاده کنیم که برای تخمین جهت و موقعیت هر دستگاه شرکت کننده، سرور در ابتدا از مجموعه موبایل ها عکس گرفته و بعد از پردازش عکس، مختصات و جهت هر مشتری را مشخص میکند و بر این اساس موقعیت هر گره نسبت به بقیه گره ها مشخص میشود، مقیاس برای هر دستگاه به صورت جداگانه مشخص است، زیرا این مقادیر وابسته به دستگاه و ایستاهستند [15].

از آنجایی که تلفن میزبان به عنوان دوربین برای مشخص کردن موقعیت کلاینت ها استفاده می شود، موقعیت آن به درستی مشخص نیست. کاربر میتواند پس از نمایش ویدیو متوجه موقعیت درست سرور شود و آن را در جای مناسب قرار دهد و یا به صورت پیش فرض در این الگوریتم سرور به عنوان اولین نمایشگر باشد، همچنین کاربر این امکان را دارد تا در صورت مشاهده ناهماهنگی در پخش ویدیو، نمایشگرها را جا به جا کند.

حرکت و لمس در صفحه نمایش به سرور فرستاده میشود و سرور بر اساس زمانبندی و اینکه هر لمس در چه زمانی رخ داده به آنها اولویت میدهد و تغییرات در صفحه نمایش را برای کلاینت ها ارسال میکند.

در این روش نیاز است که گره های موجود در شبکه در یک زمان تصویر پیوسته ای را با یکدیگر نمایش بدهند و سرور مسئول ارسال بسته های ویدیویی و زمان اجرای آنها به تمام گره های موجود در شبکه میباشد برای اینکه همه ی گیرنده ها بتوانند تصاویر پیوسته ای را نمایش بدهند نیاز است که از پروتکل زمانبندی استفاده شود و گیرنده ها داده تا ۱۰-۱۵ ثانیه بعد را داشته باشند بنابراین حجم بافر برای آنها مهم است و فرآیند پخش برای اطمینان از پیوستگی نمایش با تاخیر شروع میشود.

برای تعاملات کاربر در این روش از پروتکل udp و برای انتقال تصاویر میتوان از پروتکل rtp درون بدنه پروتکل udp استفاده کرد تا از قابلیت اطمینان استفاده کنیم. پروتکل زمانبندی مورد استفاده ترکیب ntp,rbs میباشد (بار کاری روی مستر نیست و تعداد کلاینت ها برای هماهنگی طبق پروتکل rbs کم است). در اینجا استفاده از پروتکل زمانبندی رقیق برای مشخص کردن اینکه کدام لمس در گره ها زودتر رخ داده نیز کاربرد دارد.

یکی از مشکلات این راه حل وابستگی به سرور میباشد و در صورت خرابی و یا حذف آن، ارتباطات مختل میشود.

#### مزایا:

- در نظر گرفتن اندازه صفحه نمایش در ارسال اطلاعات
- استفاده از ترکیب ntp,rbs که مشکل خرابی سرور ندارد و عدم قطعیت گیرنده در rbs با ترکیب آن با ntp حل شده
- پشتیبانی از حسگر لمسی در نمایش ویدیو

#### معایب:

- عدم در نظر گرفتن مکانیزم امنیتی
- مشخص نکردن دقیق حجم بافر و فاصله زمانی همگام سازی
- بار کاری زیاد سرور به صورتی که مشغول نمایش و ارسال داده به دیگر گره ها میباشد.
- برای تعیین جهت و مقیاس تلفن های همراه سرور عکس میگیرد و مکان آن به طور دقیق مشخص نیست
- استفاده از شبکه wifi حدود ۷ دستگاه را بدون محدودیت پشتیبانی میکند و امکان استفاده از کاربران بیشتر وجود ندارد.

- [1] G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, and G. Blair, *Distributed Systems*. Pearson Higher Ed, 2011.
- [2] Postel, Jon. *Transmission control protocol*. No. rfc793. 1981.
- [3] Postel, Jon. *User datagram protocol*. No. rfc768. 1980.
- [4] Schulzrinne, Henning, Stephen Casner, Ron Frederick, and Van Jacobson. *RTP: A transport protocol for real-time applications*. No. rfc3550. 2003.
- [5] Rey, Jose, David Leon, Akihiro Miyazaki, Viktor Varsa, and Rolf Hakenberg. *RTP retransmission payload format*. No. rfc4588. 2006.
- [6] Wallach, Hans, Edwin B. Newman, and Mark R. Rosenzweig. "A precedence effect in sound localization." *The Journal of the Acoustical Society of America* 21, no. 4 (1949): 468-468.
- [7] Mills, David, J. Burbank, and W. Kasch. "RFC 5905: Network time protocol version 4: Protocol and algorithms specification." (2010).
- [8] Mills, D. "RFC 4330: Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI." (2006).
- [9] Eidson, John C., and John Tengdin. "IEEE 1588 standard for a precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems and applications to the power industry." *Proc. Distributech* (2003): 4-6.
- [10] Elson, Jeremy, Lewis Girod, and Deborah Estrin. "Fine-grained network time synchronization using reference broadcasts." *ACM SIGOPS Operating Systems Review* 36, no. SI (2002): 147-163.
- [11] Young, Chung-Ping, Bao Rong Chang, Yan-You Chen, and Wei-Zhong Zhou. "The implementation of a wired/wireless multimedia playback system." In *Second International Conference on Innovative Computing, Informatio and Control (ICICIC 2007)*, pp. 62-62. IEEE, 2007.
- [12] Marouani, Hicham, and Michel R. Dagenais. "Internal clock drift estimation in computer clusters." *Journal of Computer Systems, Networks, and Communications* 2008 (2008).
- [13] Sandha, Sandeep Singh, Joseph Noor, Fatima M. Anwar, and Mani Srivastava. "Exploiting smartphone peripherals for precise time synchronization." In *2019 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP)*, pp. 1-6. IEEE, 2019.
- [14] Schmitz, Arne, Ming Li, Volker Schönefeld, and Leif Kobbelt. "Ad-Hoc Multi-Displays for Mobile Interactive Applications." In *Eurographics (Areas Papers)*, pp. 45-52. 2010.
- [15] Kato, Hirokazu, and Mark Billinghurst. "Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system." In *Proceedings 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99)*, pp. 85-94. IEEE, 1999.