The Sound of Grand Theft Auto V Alastair MacGregor Lead Audio Programmer, Rockstar North



RAGE Audio



MARCH 17–21, 2014

RAGE Audio: Core Goals

Cross platform

- Assets should sound as close as possible across target platforms
- Scalable to large projects
- •High Performance
 - Memory efficient
 - Predictable streaming

RAGE Audio: Core Features

- Support modular asset design
- Voice virtualisation
- •Flexible routing

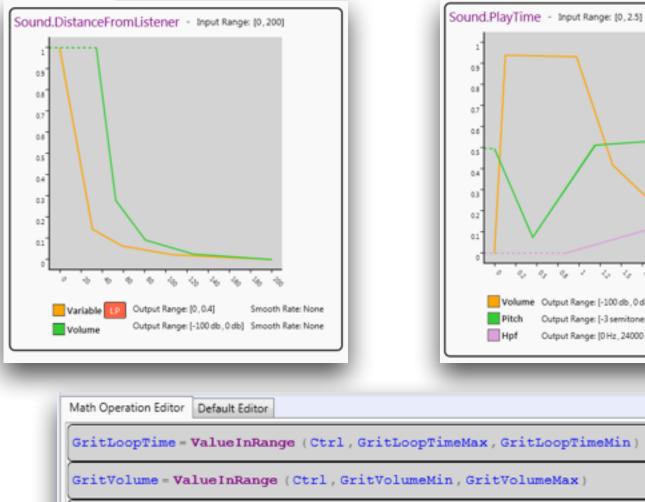
MARCH 17-21, 2014

Voice routing

- •V uses our own mixing engine
- •PCM sources generate data
- Voices filter and route into sub-mixes
- •1, 4 or 6 channel sub-mixes
- Interleaved or non-interleaved processing

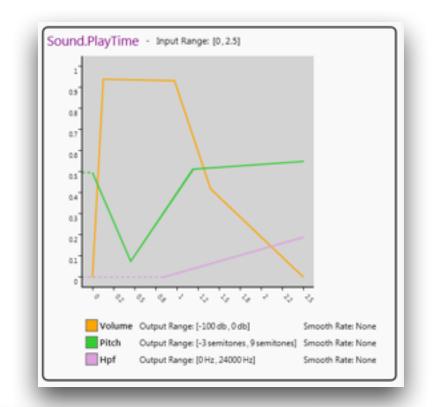
Modular Sound Hierarchies

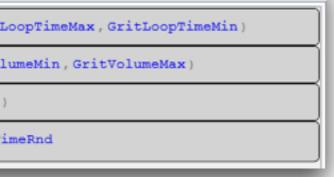
erarchy Viewer + X	Properties Editor		* 9
o¢¢≢ ⊞ ⊞		Chicken_01	
Chicken_01	WrapperSound		
🗄 🚭 Chicken, NL Loop			
🖞 🌇 Chicken fectory Chicken Loop md yb	Deuroptino		
Chicken_factory_Chicken_Loop_md_sb_env	Volume	2	
UNEAR, RISE	VolumeVariance		_
MUNEAR, FALL		1	
DEFAULT_RELEASE_CURVE	Park		-
 Chicken Sectory Chicken Loop and yb envisits Chicken Sectory Chicken Loop and yb envisits doi: 	Pitch/Variances	2	
 Chicken_factory_Chicken_Loop_md_yb_env_pts_tall Chicken_factory_Chicken_Loop_md_yb_env_pts_tal_md 	Pan	-1	
TREAMED_AMBEINCE_CHECKEN_CHECKEN_01	PariVariance		
STREAMED_AMBIENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_02	preDatey		
STREAMED_AMBIENCE_CHICKEN_CHICKEN_03	preDelayVariance		
STREAMED_AMBIENCE_CHICKEN_CHICKEN_04	StartOffiat		P1
TREAMED_AMBENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_05			-
TREAMED_AMBEINCE_CHOCKEN_CHOCKEN_06	StatOffietSwince		
STREAMED_AMBIENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_07	AttackTime		
STREAMED_AMBIENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_08	ReleaseTime	-1	
🗄 🌆 Chicken_factory_Chicken_Loop_md	Dopplerfactor	1	
O Chicken_factory_Chicken_Loop_md_mt_long_cluck	Category	AMBIENCE_GENERAL	
STREAMED_AMBIENCE_CHICKEN_CHICKEN_LONG_01	LPECANIF	34000	-
TREAMED_AMBIENCE_CHICKEN_CHICKEN_LONG_02		-	-
STREAMED_AMBIENCE_CHICKEN_CHICKEN_LONG_03	LPF CutterVariatory		
Chicken_Sectory_Chicken_Loop_md_mt_short_cluck	HPECutoff		
STREAMED_AMBIENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_01	HPFCutoWvariance		
STREAMED_AMBIENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_02	Effectilioute	Unspecified	
STREAMED_AMBIENCE_CHOCKEN_CHOCKEN_03	StartOffintSwearings		
STREAMED_AMBENCE_CHECKEN_CHECKEN_OH STREAMED_AMBENCE_CHECKEN_CHECKEN_OF	DistanceAttenuation	-	
TREAMED_AMBIENCE_CHICKEN_CHICKEN_06			
STREAMED, AMBIENCE, CHOCKEN, CHOCKEN, M	EnvironmentalEffects		
TTREAMED_AMBEINCE_CHECKEN_CHECKEN_08	VirtualiseArGroup		
	DynamicPrepare		
	MuteOnUterMusic		
	Invertificate		
	Mute	-	
DerAULT_RELEASE_CUTIVE DecembringExponential	Main* Base Settings* Rolled	ff Curver? Output Routing Veri	ables FallbackSound 1



GritLoopTimeRnd = Rand (0, GritLoopTime)

GritLoopTime = GritLoopTime + GritLoopTimeRnd



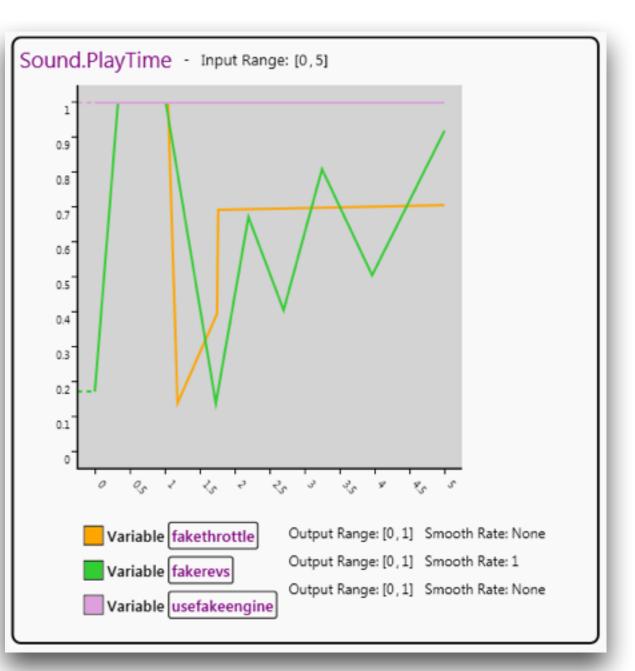


Modular Sound Hierarchies

Math Operation Editor Default Editor

DZ = Game.Player.Position.z - Sound.PositionZ

DZ = Abs (DZ)



Kinetic Sound

Properties Editor			- ↓ ×			
CRANE_STRAIN_TEST_VB_KINETIC						
KineticSound			< >			
Description						
SoundRef	!	<u>CRANE STRAIN TEST VB KI</u>	NETIC PTS			
Mass]	100.0				
	[
YawAngle	(0				
PitchAngle	:	180				

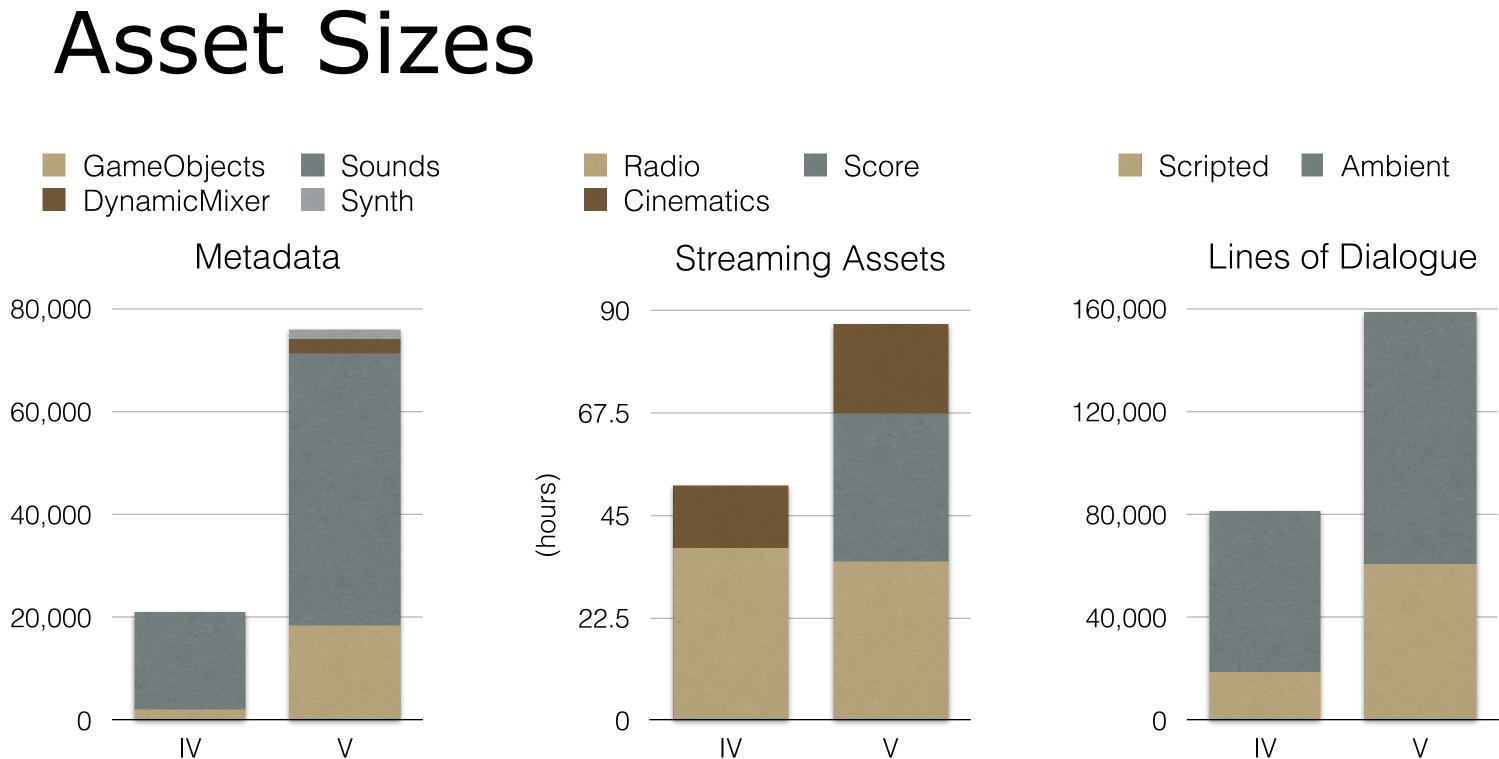
Hierarchy Viewer 👻 🕈 🗙	Properties Editor 👻 a 🗙		
(> -> (> \$ = =	CRANE_STRAIN_TEST_VB_KINETIC_PTS		
Hierarchy Viewer	CRANE_STRAIN_TEST_VB_KINETIC_PTS ParameterTransformSound Parameter Transform Editor Default Editor SoundAcceleration - Input Range: [0, 0.1]		
	United by the second se		
	Sound.VelocityZ - Input Range: [-1,1]		
CRANE_STRAIN_TEST_VB_KINETIC_PTS ParameterTransformSound			

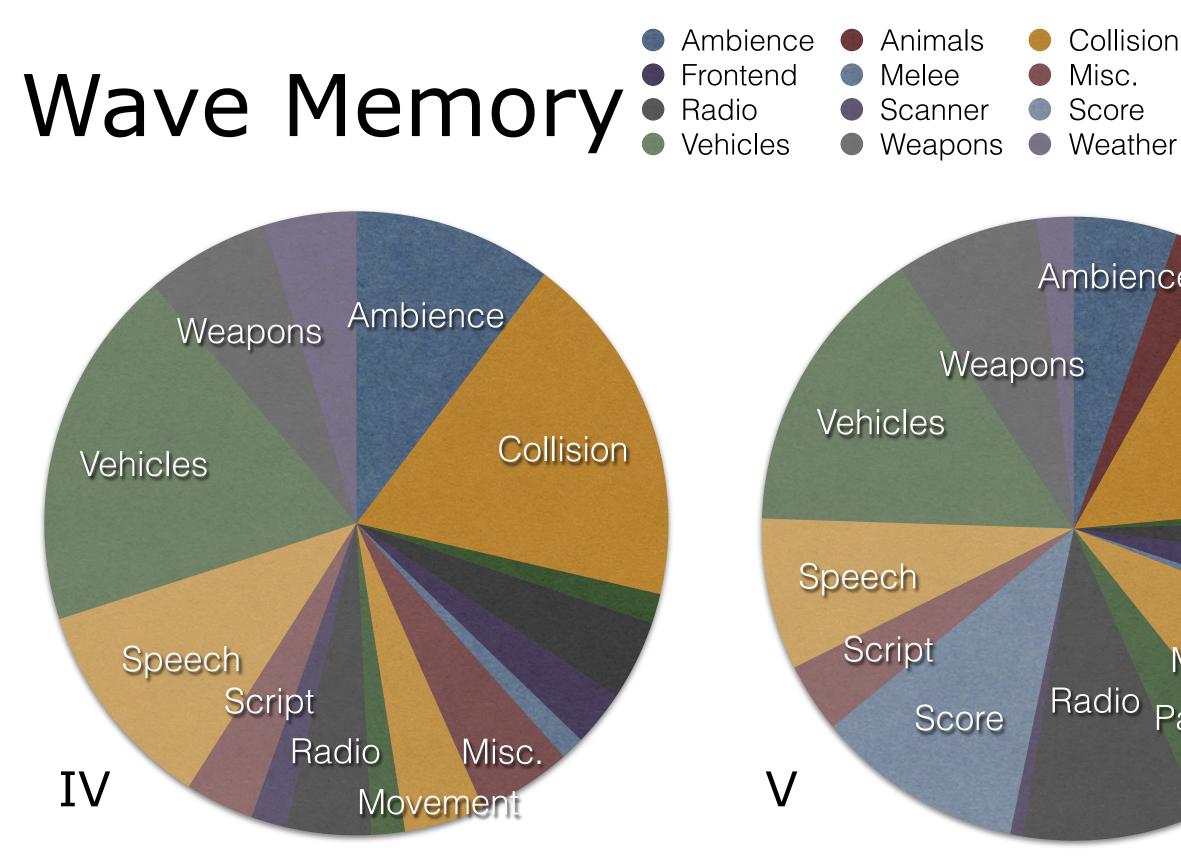


MARCH 17–21, 2014

Sample Accuracy

- •Timing guarantees
- •Sample accurate:
 - Pre-delays
 - Source-chaining/splicing
- Decode latency compensation





MARCH 17-21, 2014

Collision

Doors Movement Script

Explosions Pain Speech

GDCONF.COM

Ambience

Collision



Dynamic Mixing

- Audio is sliced into categories for mixing
- Patches specify changes to the mix
- Patches applied globally or to mix groups
- Scenes define mix groups and patches

mixing nix x groups ntches

Music

- •Score: 8 stereo stems plus one-shots
- Moods' define stem-mixes and transitions
- Events generated by script and code
- Actions optionally quantised to music

GDCONF.COM

shots ransitions ode nusic

Vehicles

- Multiple layers: detail/close, mid and far
- Highways
- Distant one-shots
- •"City noise"

Vehicles - individual detail

- •Granular engine
- Synthesised intake/induction, transmission
- Combination of samples and synth for traction/aero
- •Suspension, chassis, rumble

GDCONF.COM

nsmission th for

Vehicles - Engine Recording

In-motion recordings

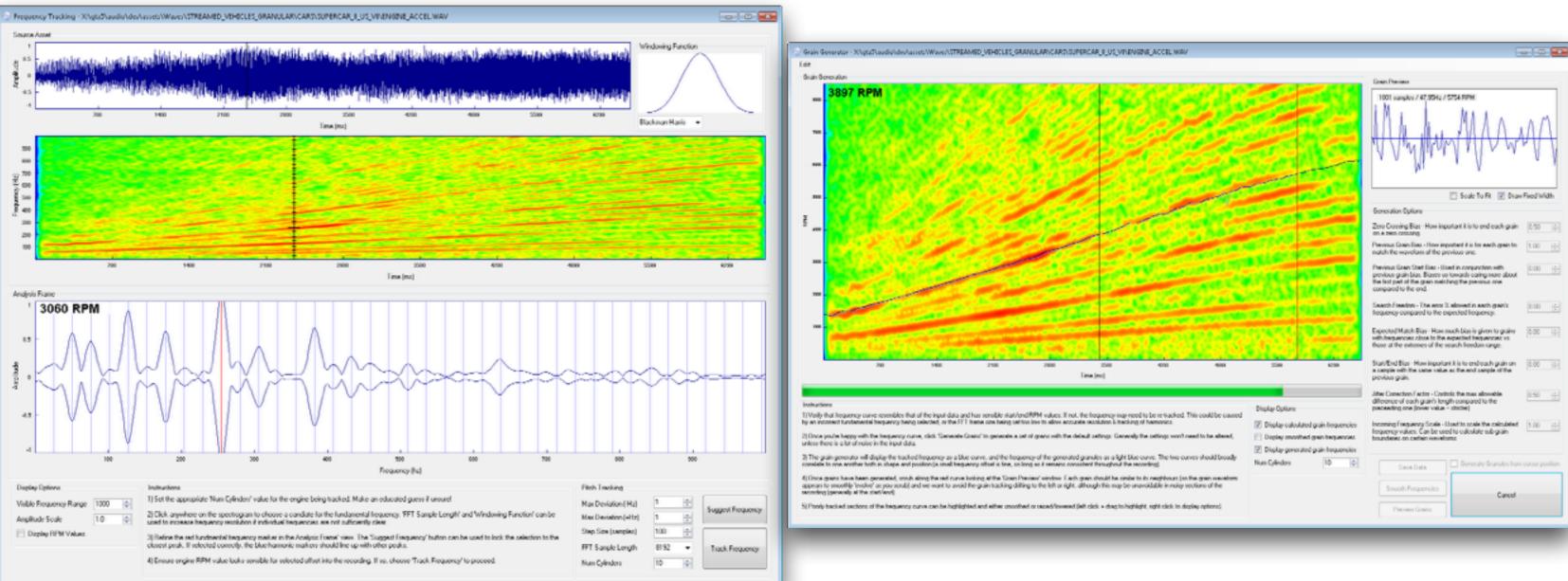
Mostly omni mics



MARCH 17–21, 2014

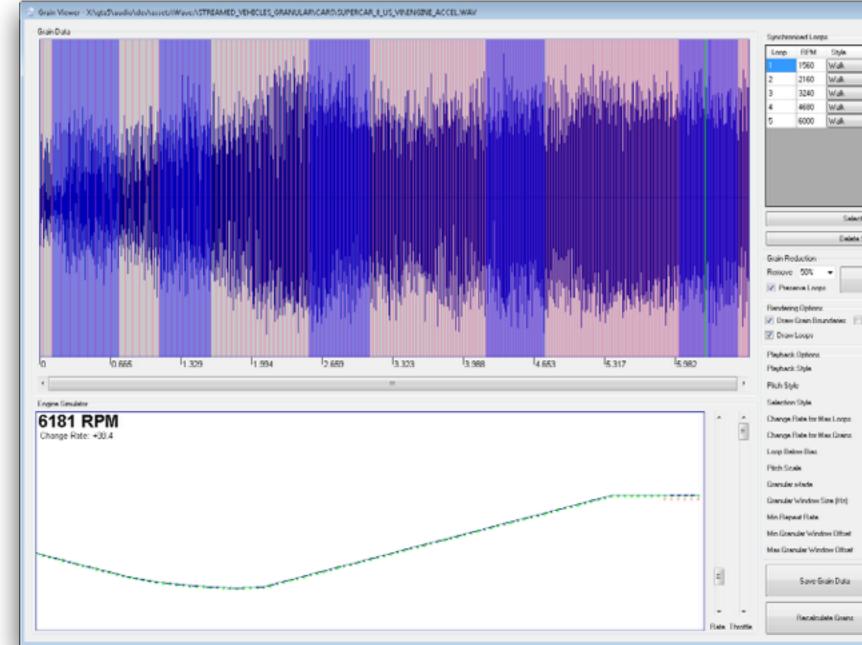


Granular Pipeline



MARCH 17–21, 2014

Granular Pipeline



Enabled	- 0	
Cashing		
LINACIAC	Identifier	
• 🔽	Loop	
• 🗵	Loop	
• 🛛	Loop	
•	Loop	
• 🗵	Loop	_
0.1		-
ip Gowins		
ched Loop		
Remove	Sraino	
an Sample Pr	uitions.	
	Loops + Grains	
	Nativo	
	wak	
	0.00	÷
	1.00	÷
	3.00	÷
	1.00	÷
	0.05	÷
	010	
		141
		1
	2	4
	2	4 4
	2	4
1	2	4 4
	2	4 4
	2	4 4
	2 1 5	4 4
	2 1 5	¢

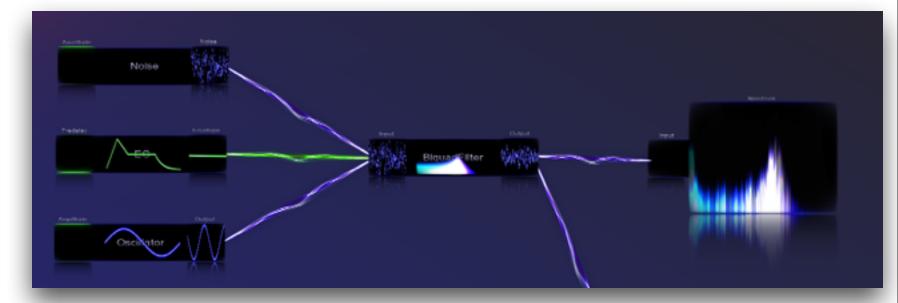
Granular Runtime

- •Separate engine and exhaust
- NPC engines use exported loop data
- Granular clock used to sync oscillators
- Real-time DSP post-processing

GDCONF.COM

ata lators

Synthesis



 Motivation: dynamic assets, fidelity, memory Designed to be accessible and encourage experimentation

MARCH 17–21, 2014

GAME DEVELOPERS CONFERENCE® 2014

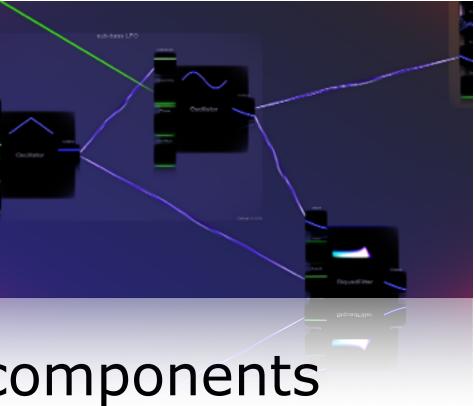
MARCH 17–21, 2014





- Particularly good for noise-based sounds
- Enabled sound-designer-authored effects chains

MARCH 17-21, 2014



AMP

- Automatic asset optimisation
- Real-time cost feedback
- Automated asset testing

Disassembly of synth SYNTH AMBIENT AIRCON FULL, total size: 652 bytes

0+0006,6 0+000C,8 0+0014,8 0+0012,6 0+0022,4 0+0022,4 0+0026,6 0+0034,6 0+0038,10 0+0038,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0058,4 0+0058,4 0+0058,6 0+0066,8 0+0066,8 0+0066,8 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0092,6 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0080,8 0+0020,8 0+0048,6 0+0058,4 0+0058,4 0+0058,6 0+0006,8 0+0007,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+00000,8 0+000000,8 0+0000000,8 0+000000,8 0+0000000000	RE RE NU OS RE SI RE OS NU OS RE OS NU OS CO
0+000C,8 0+0014,8 0+001C,6 0+0022,4 0+0026,6 0+0026,6 0+0034,6 0+0038,4 0+0038,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0058,4 0+0058,4 0+0058,6 0+006C,4 0+0077,8 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,6 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,6 0+0032,6 0+0032,6 0+0032,6 0+0032,6 0+0032,6 0+0032,8 0+0032,6 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,6 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,8 0+0032,9 0+0048,000000000000000000000000000000000	MU RE SI RE SI NO RE SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI
0+0014,8 0+001C,6 0+0022,4 0+0022,4 0+0026,6 0+0034,6 0+0038,4 0+0038,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0058,6 0+0058,6 0+0066,4 0+0076,8 0+0077,8 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,8 0+0032,8 0+0058,4 0+0058,5 0+	NO RE SI RE OS MU NO RA CO SU OS CO RE
0+001C,6 0+0022,4 0+0022,6 0+002C,8 0+003A,6 0+003E,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,12 0+0048,6 0+0048,12 0+005A,4 0+005E,6 0+006C,4 0+006C,4 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,12 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,6 0+00A2,8 0+00B2,6	RE SI RE OS MU NO RA CO SU OS CO LE RE
0+0022,4 0+0026,6 0+0026,8 0+0034,6 0+0038,4 0+0038,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,4 0+0058,6 0+0066,4 0+0066,4 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,8 0+0082,8 0+0082,8 0+0082,6	SI RE OS MU NO RA CO SU OS CO LE RE
0+0026,6 0+002C,8 0+0034,6 0+0038,4 0+0038,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,6 0+0058,6 0+0064,8 0+0066,4 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,8 0+0082,8 0+0082,8 0+0082,8 0+0082,6 0+0082,6 0+0082,6 0+0082,8 0+0	RE MU NO RA CO SU CO SU
0+002C,8 0+003A,6 0+003A,4 0+003E,10 0+004E,12 0+004E,12 0+005A,4 0+005E,6 0+006C,4 0+007E,12 0+007E,6 0+007E,12 0+007E,12 0+007E,12 0+007E,12 0+009C,6 0+009C,6 0+00A2,8 0+00B2,6 0+00B2,6 0+00B2,6 0+000B2,8 0+000B2,8 0+	NO NO RA CO SU CO RE
0+0034,6 0+0038,4 0+0038,10 0+0048,6 0+0048,6 0+0048,12 0+0058,4 0+0058,6 0+0066,4 0+0066,4 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,12 0+0078,8 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,8 0+0084,6 0+0084,000000000000000000000000000000000	MU NO IR MU RA CO SU OS CO LE RE
0+003A,4 0+003E,10 0+004E,12 0+004E,12 0+005A,4 0+005E,6 0+006C,4 0+0070,8 0+007E,12 0+007E,12 0+007E,12 0+007E,12 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,8 0+0092,8 0+008A,8 0+008A,8 0+008A,8 0+008A,8 0+008A,8 0+008A,8	NO IR MU RA CO SU OS CO LE RE
0+003E,10 0+004E,12 0+004E,12 0+005E,6 0+005E,6 0+006C,4 0+007E,12 0+007E,12 0+007E,12 0+007E,12 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,8 0+008A,	RA CO SU CO LE RE
0+0048,6 0 0 0+004E,12 0 0+005E,6 0 0+006E,4 0 0+006C,4 0 0+007E,6 0 0+007E,12 0 0+007E,12 0 0+007E,12 0 0+0092,10 0 0+0092,10 0 0+0092,8 0 0+008A,8 0 0+0	MU RA CO SU CO LE RE
0+004E,12 0 0+005E,6 0 0+005E,6 0 0+006C,4 0 0+007E,8 0 0+007E,12 0 0+007E,12 0 0+009Z,10 0 0+009Z,10 0 0+009Z,8 0 0+009Z,8 0 0+00B2,8 0 0+00B2,6 0	RA CO SU CO LE RE
0+005A,4 0+005E,6 0+0066,8 0+0066,4 0+0070,8 0+007E,12 0+007E,12 0+0092,10 0+0092,10 0+0092,6 0+0042,8 0+0044,8 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+005E,6 0+0070,8 0+0078,6 0+00000,00000000000000000000000000000	
0+0064,8 0+006C,4 0+0070,8 0+0078,6 0+0078,6 0+0078,12 0+008A,8 0+0092,10 0+0092,6 0+00A2,8 0+00B2,6	
0+006C,4 0 0+0070,8 0 0+0078,6 0 0+007E,12 9 0+008A,8 0 0+0092,10 0 0+0092,6 0 0+00A2,8 0 0+00B2,6 0	
0+0070,8 0+0078,6 0+007E,12 0+008A,8 0+0092,10 0+0092,6 0+00A2,8 0+00B2,6	LE RE
0+0078,6 0+007E,12 0+008A,8 0+0092,10 0+0092,6 0+0092,8 0+00AA,8 0+00B2,6	RE
0+007E,12 0 0+008A,8 0 0+0092,10 0 0+009C,6 0 0+00A2,8 0 0+00AA,8 0 0+00B2,6 0	
0+008A,8 0+0092,10 0+009C,6 0+00A2,8 0+00AA,8 0+00B2,6	EN
0+0092,10 0 0+009C,6 0 0+00A2,8 0 0+00AA,8 0 0+00B2,6 0	_
0+009C,6 0 0+00A2,8 0 0+00AA,8 0 0+00B2,6 0	HU.
0+00A2,8 1 0+00AA,8 2 0+00B2,6 0	IR
0+00AA,8 0+00B2,6	0S MU
0+0082,6	nu MU
0+0088,4	03
	NO
	81
	81
0+00DC,16	81
	sç
	EN
	co
	SI RA
	NTO NTO
	81
	81
	RE
	EN
	81
	81
0+016E,6	ΗŪ
	10
	MU.
	SU RE
	RE
	MU
	МŪ
	m
0+01A6,6	10
	10
0+0182,6	SU
	SU
	50
	0m
-	MU
	00
	KA em
	SU
	H2
THE REPORT OF TH	HA DI

MARCH 17–21, 2014

```
4 buffers, 21 registers, 18 state blocks, 21 constants, 1 output
Runtime cost - 50 (PS3: 34.13uS, Xbox360: 47.52uS)
                 EAD VARIABLE V4 => R0
                 EAD VARIABLE V2 => R1
                 ULTIPLY SCALAR SCALAR RO, R1 => R2
                  SC RAMP BUFFER SCALAR R2 => B0 [0]
                  AD VARIABLE V5 => R0
                  INE BUFFER BO -> BO
                  AD VARIABLE V1 => R2
                  C RAMP SCALAR R2 => R3 [1]
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR BO, RO => BO
                  DISE => B1
                  IGGER_LATCH R3, 0.7885 => R0 [2]
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR BO, R1 -> BO
                  NDOM RO, 0.351, 1 => R2 [3]
                  INVERT BUFFER TO NORMALIZED B1 => B1
                  M BUFFER SCALAR BO, R1 => BO
                  SC RAMP SCALAR 3.77 => R3 [4]
                  NVERT BUFFER TO NORMALIZED BO => BO
                  CRP BUFFER B1, 5490, 0 -> B1
                  AD VARIABLE V7 => R4
                  IVELOPE_FOLLOWER_SCALAR R2, 0.2025, 0.183 => R5 [5]
                  ULTIPLY SCALAR SCALAR R1, R4 => R2
                  RIGGER LATCH R3, 0.7885 => R6 [6]
                  C RAMP BUFFER BUFFER B1 => B1 [7]
                  ULTIPLY SCALAR SCALAR R1, 4 => R7
                  ULTIPLY SCALAR SCALAR RO, R5 => R8
                  C RAMP BUFFER BUFFER BO => BO [8]
                  ISE => B2
                  iquadCoefficients_BandPass R7, 4140.79 => R0, R1, R3, R4, R5
                  quadCoefficients_BandPass R2, 60.997 => R9, R10, R11, R12, R13
                  quadCoefficients BandPass R2, 165.992 => R14, R15, R16, R17, R18
                  UARE BUFFER B1 => B1
                  IVELOPE FOLLOWER SCALAR R8, 0, 0.213 => R19 [9]
                  PY BUFFER B2 => B3
                  INE BUFFER BO => BO
                  NDOM R6, 0.573, 1 => R20 [10]
                  ULTIPLY SCALAR SCALAR R19, R19 => R2
                  iquadProcess_2Pole B1, 0.0696062, 0, -0.0696062, -0.928284, 0.860788 => B1 [11]
                  quadProcess 2Pole B3, R9, R10, R11, R12, R13 => B3 [12]
                  AD VARIABLE V6 => R6
                  IVELOPE FOLLOWER SCALAR R20, 1, 1 => R7 [13]
                  quadProcess 4Pole B2, R14, R15, R16, R17, R18 => B2 [14]
                  quadProcess 2Pole B0, R0, R1, R3, R4, R5 => B0 [15]
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR BO, R7 => BO
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR B3, 0.3355 => B3
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR B1, R2 => B1
                  BTRACT SCALAR SCALAR 1, R6 => R0
                  AD VARIABLE V3 => R1
                  AD VARIABLE VO => R3
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR B2, 0.682 => B2
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR BO, R3 => BO
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR B3, R0 => B3
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR B1, R1 => B1
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR B2, R6 => B2
                 UM BUFFER BUFFER B3, B1 => B3
                 UM BUFFER BUFFER BO, B2 => BO
                 UM BUFFER BUFFER BO, B3 => BO
                  ePole_LPF_BUFFER_SCALAR B0, 5510 => B0 [16]
                  ULTIPLY BUFFER SCALAR BO, 5 => BO
                  PY BUFFER BO => B1
                  X BUFFER B0, 0 => B0 [17]
                  M BUFFER SCALAR BO, 0.01 -> BO
                  ARD CLIP BUFFER SCALAR BO, 1 => BO
                  VIDE BUFFER BUFFER B1, B0 => B1
```

Environmental Audio

- Striving to create an immersive world:
- Environment produces sound
- Affects sounds playing within it
- Responds to sound



MARCH 17-21, 2014

GTA IV Ambience

86 zones57 rules198 static emitters

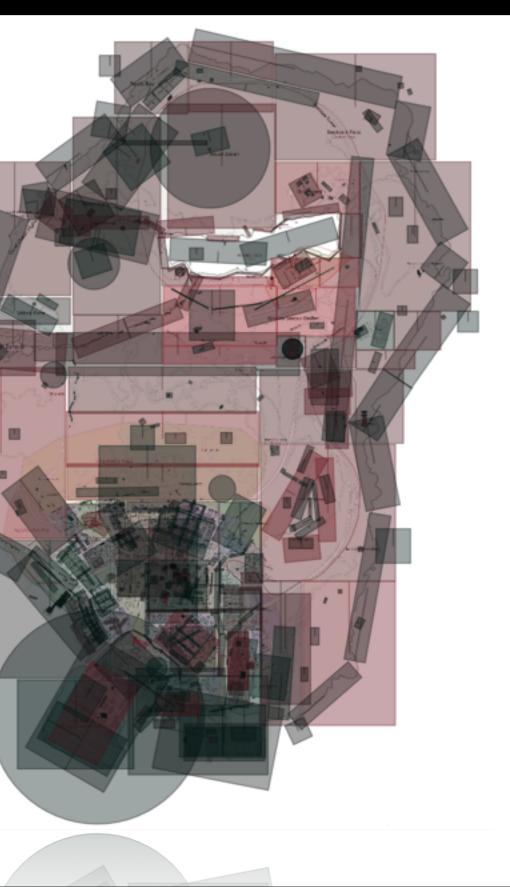


MARCH 17–21, 2014

GTA V Ambience

949 zones1210 rules518 static emitters

MARCH 17-21, 2014



Environmental Audio

- Distance effects
- Occlusion
- Reflections
- Reverberation



MARCH 17-21, 2014

Environmental Audio

- Resonances
- Shockwaves



MARCH 17-21, 2014

•Thanks for listening!



rockstargames.com/jobs